লেদ সেপিং ও মিলিং শিক্ষা

প্রথম খণ্ড

(লেদ মেসিন)

জাতীয় অধ্যাপক সত্যেন্দ্রনাথ বসু

মহাশয়ের ভূমিকা সম্বলিত

সোমনাথ দাঁ

বি. চৌধুরী

২/১ ডি, এল, রায় স্ট্রীট, কলিকাতা-৬

LATHE SHAPING MILLING SIKSHA

by Somnath Daw

প্রথম প্রকাশ : ১৯৬২
দ্বিতীয় সংস্করণ : ১৯৬৩
পুনর্মুদ্রণ : ১৯৬৪
তৃতীয় সংস্করণ : ১৯৬৬
চতুর্থ সংস্করণ : ১৯৬৭
পঞ্চম সংস্করণ : ১৯৭২

প্রকাশক :
বি, চৌধুরী
২/১ ডি, এল, রায় ষ্ট্রীট
কলিকাতা-৬

দাম—আট টাকা

ব্লক : ষ্ট্যাণ্ডার্ড ফটো এনগ্রেভিং কোং
কলিকাতা-৯

মুদ্রক :—শ্রীবৃন্দাবন নাগ, বঙ্গশ্রী প্রেস ১২/২ মদন মিত্র লেন, কলিকাতা-৬
এবং শ্রীতাপসকুমার সরকার, দেশবাণী মুদ্রণিকা প্রাঃ লিঃ ১৪-সি, ডি, এল,
রায় ষ্ট্রীট, কলিকাতা-৬।

ভূমিকা

Prof. S. N. Bose
National Professor

92. Upper Circular Road,
Calcutta-9.
22. Iswar Mill Lane.
Calcutta-6.

দেশে এসেছে কল-কারখানার যুগ। নানাদিকে নতুন নতুন শিল্প প্রতিষ্ঠানের উদ্যোগ চলেছে। এর জন্যে দরকার হয়েছে বহু ধরণের যন্ত্রপাতি—সবই বিদেশ থেকে আমদানি করা বুদ্ধিমানের কাজ নয়। তাই চেষ্টা চলেছে যতদূর সম্ভব প্রাথমিক যন্ত্রের সাহায্যে নানাবিধ করণ উৎপাদন করা—তাই এখন কুশলী কারিগরের বিশেষ দরকার।

কি ইন্‌জিনিয়র কি কারিগর সকলকেই প্রয়োগশালায় শিক্ষানবিসী করতে হয়। নিজের হাতে যন্ত্র চালাতে হয়, যাতে সে শিখতে পারে নানা যন্ত্রের বৈশিষ্ট্য। তবে আমাদের কারিগর সব সময় ইন্‌জিনিয়রের মত উচ্চ শিক্ষিত হয় না। ইংরাজী লেখা বই বুঝতে অনেক সময় তাকে বিব্রত হ'তে হয়। এদিকে নিপুণ কর্মী হ'তে গেলে গতানুগতিক ভাবে যন্ত্রাগারে মাষ্টারের কাছে সাগরেদী করে শিখলে যথেষ্ট তাড়াতাড়ি বিদ্যা আয়ত্ত হবে না—চাই নিজে পরিশ্রম করে ঘরে বসে নানা বই পড়ে নিজের জ্ঞান বাড়ান।

জার্মানি, ইংলণ্ড বা রুশদেশের মিস্ত্রি যে অল্প বয়সেই উচ্চদরের সূক্ষ্ম কারুকর্মে কুশলী হয়, তার প্রধান কারণ তারা বাড়ীতে পড়ে—প্রয়োগশালায় যা শেখে, যন্ত্রের সঙ্গে যে পরিচয় হয়, সেই জ্ঞান বাড়িয়ে নেয় বই পড়ে—এর জন্য তাদের মাতৃভাষায় যথেষ্ট বই পাওয়া যায়। আমাদের দেশের মিস্ত্রিদের তাদের সমতুল্য নিপুণ ও নিখুঁত কর্মী হ'তে হলে তাদেরও শুধু হাতে কলমে কাজ করলে চলবে না। নিজেদের জ্ঞান ঘরে বসে পড়ে বাড়াতে হবে। তাই মাতৃভাষায় যন্ত্রবিদ্যার বই-এর এত দরকার হয়েছে আজকাল। শ্রীমান সোমনাথ দাঁ এ বিষয়ে এগিয়ে এসেছেন—বাংলায় **Lathe, Shaping** ও **Milling Machine**এর ব্যবহারের কথা বুঝিয়ে বলেছেন। বই ভাল হয়েছে। নানা ছবিও আছে এতে, বিষয়বস্তু সোজায় বোঝাবার জন্য। এ বই-এর বহুল প্রচার হবে আশা করছি। শ্রীমান সোমনাথ দাঁ পথিকৃত হিসাবে আমাদের সকলের প্রশংসা অর্জন করেছেন।

সত্যেন বোস

যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়ের রেক্টর ডঃ ত্রিগুণা সেন মহাশয়ের অভিমত

শ্রীযুক্ত সোমনাথ দাঁ লিখিত লেদ, সেপিং ও মিলিং শিক্ষা (প্রথম খণ্ড) বইখানি পড়িয়াছি। বইখানি বেশ ভালই লেখা হইয়াছে। উহা পাঠ করিলে লেদ মেসিন সম্বন্ধে মোটামুটি জ্ঞান লাভ হইতে পারে। Junior Technical অথবা Industrial Apprentice-দের পক্ষে বইখানি উপযুক্ত হইবে বলিয়া মনে করি।

বেঙ্গল এন্‌জিনিয়ারিং কলেজের অধ্যাপক শ্রীভূপালকৃষ্ণ দত্ত মহাশয়ের অভিমত

শ্রীসোমনাথ দাঁ'র লেখা "লেদ সেপিং ও মিলিং শিক্ষা" পড়লাম। বইটি খুবই সময়োপযোগী এবং ভাল হয়েছে। বাংলা ভাষায় এরূপ একটি বইয়ের বিশেষ প্রয়োজন ছিল। শ্রীদাঁ এই ব্যাপারে এগিয়ে আসায় সেই অভাব পূরণ হ'ল।

বইটির ভাষা অত্যন্ত সরল এবং বোঝানোর পদ্ধতিও চমৎকার। আশা করি বইটি পলিটেক্‌নিক ছাত্রদের ও মেসিনশপের কর্মীদের খুবই উপকারে আসবে। লেদ, সেপিং ও মিলিং মেসিন সম্বন্ধে মোটামুটি জ্ঞান লাভের জন্য ইঞ্জিনিয়ারিং ছাত্ররাও বইটি পড়তে পারে।

পশ্চিমবঙ্গ সরকারের কারিগরি শিক্ষার প্রধান পরিদর্শক *শ্রী এ. সি. সেন, মহাশয়ের অভিমত*

লেদ, সেপিং ও মিলিং শিক্ষা বইখানা পড়ে খুব সন্তোষ লাভ করলাম। বাংলা ভাষায় এ-ধরণের বই খুবই বিরল। বইখানি বেশ সহজ ভাষায় লেখা এবং বিষয়-বস্তুগুলি চিত্রের সাহায্যে অতি সুন্দরভাবে বোঝান হয়েছে। কারিগরি বিদ্যালয়ের ছাত্রদের পক্ষে এ-ধরনের বই বিশেষ উপযোগী এবং আশাকরি ভবিষ্যতে এই বিষয়ে সকলেই আরও উদ্যোগী হবেন। সোমনাথ দাঁর এই প্রচেষ্টা প্রশংসনীয়।

যাদবপুর ইঞ্জিনিয়ারিং কলেজের অধ্যাপক ডঃ অমিতাভ ভট্টাচার্য, মহাশয়ের অভিমত

আমি শ্রীসোমনাথ দাঁ প্রণীত "লেদ সেপিং ও মিলিং শিক্ষা" অত্যন্ত আগ্রহের সহিত পড়িয়াছি এবং পরিবর্ধিত নূতন সংস্করণের প্রচুর বৈশিষ্ট্যপূর্ণ অতিরিক্ত উপাদান লক্ষ্য করিয়াছি। আমি এই বিষয়ের সংশ্লিষ্ট অধ্যাপক হিসাবে এই পুস্তকটিকে ডিপ্লোমা—এমন কি—ডিগ্রী পাঠরত ছাত্রদের পড়িতে অনুরোধ করিব। প্রাঞ্জল বাংলা ভাষায় রচিত এই পুস্তকটিতে মেসিন-শপের সমস্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়গুলি ও সমস্যাসমূহ সুন্দরভাবে বর্ণিত হইয়াছে। আমি এইরূপ কারিগরি বিষয়ের পুস্তক রচনা ও বহুল প্রচার আন্তরিকভাবে কামনা করি।

পশ্চিমবঙ্গ সরকারের অ্যাডিসন্যাল ডিরেক্টর অব ইন্‌ডাস্‌ট্রিজ (ট্রেনিং) ডি. এন, ঘোষ মহাশয়ের অভিমত

বাংলা ভাষায় এন্‌জিনিয়ারিং ও টেকনলজি সম্পর্কিত গ্রন্থ নাই বলিলেই চলে। সামান্য যে কয়েকটি আছে সেগুলি প্রায়ই নির্ভরযোগ্য ও সহজবোধ্য নহে। বাংলা ভাষায় ইংরাজীর প্রতিশব্দ ও টেক্‌নিক্যাল পরিভাষার ব্যবহার দুরূহ হইলেও সে বাধা লেখকের প্রয়াস ও প্রকাশের গুণে সহজতর হইতে পারে। বর্তমান শিল্প উন্নয়নের যুগে কারিগরি শিক্ষার প্রসার ও শিক্ষার্থীদের সুবিধার জন্য সহজবোধ্য গ্রন্থের বিশেষ প্রয়োজন। এইদিকে লক্ষ্য রাখিয়া *মেসার্স বসু চৌধুরী প্রকাশিত ও শ্রীসোমনাথ দাঁ রচিত "লেদ, সেপিং ও মিলিং শিক্ষা" গ্রন্থটিকে স্বাগত জানাই। বিষয়বস্তুর সহজ ব্যাখ্যা, প্রকাশ ভঙ্গী ও* রচনার গুণে গ্রন্থটি শিক্ষার্থীদের বহুদিনের অভাব মোচনে সাহায্য করিবে। শুধু কারখানার কর্মী অথবা ইণ্ডাস্ট্রিয়াল ট্রেনিং ইন্‌ষ্টিটিউট এবং জুনিয়র টেক্‌নিক্যাল স্কুলের শিক্ষার্থীগণই নহে, শিক্ষকগণও এই গ্রন্থ পাঠে উপকৃত হইবেন। আমি আশা করি গ্রন্থকার কারিগরি শিক্ষার উপযোগী অন্যান্য বিষয়ে আরও গ্রন্থ রচনা ও প্রকাশ করিবেন।

মুখবন্ধ

গত একশত বৎসরে পাশ্চাত্ত্য জগতে কারখানা-শিল্পের বিপুল উন্নতি সাধিত হইয়াছে। এই কর্ম সম্পাদনে শুধুমাত্র ইঞ্জিনিয়ারদের ভূমিকা আছে, এ-কথা মনে করা অসঙ্গত। অধিকাংশ মেসিনের উন্নতির মূল অনুসন্ধান করিলে স্পষ্ট হইবে যে, তাহাতে মেসিনিষ্টগণের (Machinist) একটি বিশিষ্ট ভূমিকা বর্তমান। এখানে বলা প্রয়োজন যে মেসিন-চালক (Operator) ও মেসিনিষ্ট একই গোত্রের অন্তর্ভূর্ত নহেন। মেসিন-চালকগণ কেবলমাত্র একটি মেসিনই চালাইতে পারেন, কিন্তু মেসিনের সেটিং ও যান্ত্রিক ব্যবস্থা সম্বন্ধে তাঁহাদের জ্ঞান অত্যন্ত সীমাবদ্ধ। মেসিনিষ্টগণ একটি 'মেসিনশপ'-এর ষ্ট্যাণ্ডার্ড সকল প্রকার মেসিন চালাইতে সক্ষম এবং সেই সকল মেসিনের সকল প্রকার সেটিং ও রক্ষণাবেক্ষণ সম্বন্ধে তাঁহাদের প্রভূত জ্ঞান থাকে। আমেরিকার ন্যায় বিত্তশালী ও শিল্পোন্নত দেশে শতকরা প্রায় নব্বইজন ওয়ার্কশপ সুপারিন্টেণ্ডেণ্ট প্রথম জীবনে মেসিনিষ্ট ছিলেন। আমাদের দেশ এখন দ্রুত শিল্পোন্নয়নের পথে অগ্রসর হইতেছে। সুতরাং আমাদের দেশের যে কোন পরিশ্রমী ও ধৈর্যশীল যুবকের পক্ষে মেসিনিষ্টের জীবন উজ্জ্বল সম্ভাবনাপূর্ণ।

দুঃখের বিষয় মেসিন সম্বন্ধে বাংলাভাষায় উপযুক্ত বই না থাকায় বাঙালী কারিগর ও কারিগরি শিক্ষার্থীগণকে প্রধানতঃ ইংরাজী বইয়ের উপর নির্ভর করিতে হয়। মাতৃভাষা বাংলায় রচিত, এই বইখানি যদি সংশ্লিষ্টজনের উপকারে সাহায্য করে, তাহা হইলে পুরস্কৃত হইব। রচনাকালে নূতন ও পুরাতন সকল শ্রেণীর শিক্ষার্থীর কথাই বিবেচনা করা হইয়াছে।

সুনির্দিষ্ট পরিভাষার অভাবে, পাঠকের পক্ষে বিভ্রান্তি সৃষ্টি যাহাতে না হয় সেইজন্য অধিকাংশ ক্ষেত্রেই ইংরাজী টেক্‌নিক্যাল শব্দ যথাযথ রাখিয়া শুধুমাত্র বাংলা অক্ষরে উল্লেখ করা হইয়াছে। বহুক্ষেত্রে কারখানা প্রচলিত শব্দও ব্যবহৃত হইয়াছে।

এই পুস্তক প্রকাশের ব্যাপারে স্বর্গত বিনোদবিহারী বসু মহাশয়ের উৎসাহ সশ্রদ্ধচিত্তে স্মরণ করি।

বি. ই. কলেজ, ১৯৬২ সোমনাথ দাঁ

দ্বিতীয় সংস্করণ

এক বৎসরের মধ্যেই পুস্তকখানির প্রথম সংস্করণ নিঃশেষিত হইয়াছে। দ্বিতীয় সংস্করণ পরিবর্দ্ধিত আকারে প্রকাশে বিলম্বের জন্য ত্রুটি স্বীকার করিয়া লইতেছি।

কারিগরি শিক্ষার্থী ও ছাত্রগণের বিশেষ সুবিধার জন্য বিভিন্ন প্রকারের প্যাঁচ কাটিবার (ইঞ্চি ও মিলিমিটারে) চেঞ্জ গিয়ারের বিস্তৃত তালিকা সন্নিবেশিত হইল। ইহা ছাড়াও চাকের কাজ ও মেরামত, ম্যাণ্ড্রেলের কাজ, টেপার ও থ্রেড মাপিবার পদ্ধতি, ক্যাপ্‌স্টন লেদ, মাইক্রোমিটার ও ভার্ণিয়ার ক্যালিপার প্রভৃতি অনেক উপাদান এই সংস্করণে যুক্ত হইয়াছে।

যাঁহারা নানাভাবে আমাকে সাহায্য ও উৎসাহিত করিয়াছেন তাঁহাদের নিকট আমি কৃতজ্ঞ।

শিবপুর, ১৯৬৩ **গ্রন্থকার**

চতুর্থ সংস্করণ

এই পুস্তক প্রকাশের পর হইতে দেশে কারিগরি সংস্থার প্রসার ও কারিগরি শিক্ষার্থীর চাহিদা প্রচুর বৃদ্ধি পাইয়াছে। কারিগরি শিক্ষক, ছাত্র ও কর্মীগণের অনুরোধ অনুযায়ী বর্তমান সংস্করণেও কয়েকটি অধ্যায় সংযোজিত হইল। বিশেষ করিয়া বাটালি শান দিবার পদ্ধতি ও মেটিরিয়লস্ সম্বন্ধে।

১৯৬৭ **গ্রন্থকার**

পঞ্চম সংস্করণ

গত দুই তিন বৎসর যাবত কলিকাতা ও পশ্চিমবঙ্গের শিক্ষাক্ষেত্র ও কল কারখানায় অশান্ত অবস্থার জন্য বইখানির পুনঃ প্রকাশের বিলম্ব হইল। পরবর্তী সংস্করণে নতুন উপাদান সংযোজন ও বর্দ্ধিত আকারে প্রকাশের আশা রাখি।

১৯৭২ **গ্রন্থকার**

সূচীপত্র

লেদ মেসিন

প্রথম অধ্যায়

লেদ ও লেদের ইতিহাস

আধুনিক যুগকে যান্ত্রিক সভ্যতার যুগ বলা হইয়া থাকে। আধুনিক যন্ত্রপাতি যে কত রকমের অসাধ্য সাধন করিতেছে তাহা বলাই বাহুল্য। এই সকল যন্ত্রের মধ্যে যেগুলি ধাতু কাটিবার কাজে ব্যবহৃত হয় তাহাদের মধ্যে **লেদ মেসিনই** প্রাচীনতম।

লেদ মেসিনের সংজ্ঞা

লেদ মেসিন হইতেছে এক প্রকারের মেসিন টুলস (Machine Tools) যাহা দ্বারা একটি একমুখো (Single Point) বাটালি সাহায্যে ঘুরন্ত বস্তুকে কাটিয়া প্রধানতঃ বেলনের ন্যায় (Cylindrical), মোচার ন্যায় (Conical) বা চ্যাপ্টা (Flat) আকৃতি দেওয়া হয়।

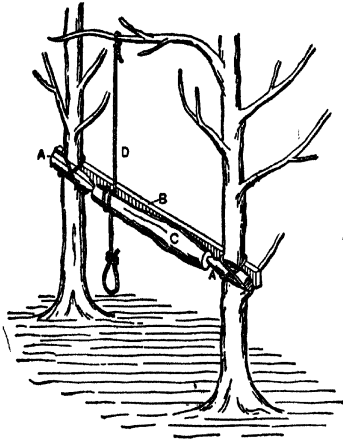
সময় সময় লেদ মেসিনে বিভিন্ন প্রকার যোগান ও অ্যাটাচ্‌মেণ্টের সাহায্যে বস্তুকে স্থির রাখিয়া ও বাটালি বা মিলিং কাটারকে ঘোরাইয়া বোরিং ও মিলিং-এর কাজ এবং বস্তুকে স্থির রাখিয়া ও বাটালিকে লম্বালম্বি বা আড়াআড়ি চালনা করিয়া সেপিং-এর কাজ করা হইলেও, এই সকল কাজ এই মেসিনের স্বাভাবিক কাজ নহে এবং পূর্বোক্ত কাজগুলির ন্যায় দ্রুত ও দক্ষতার সহিত করা যায় না।

লেদ মেসিনের ক্রমবিকাশ ও নামকরণ

* Pliny-র মতে আন্দাজ ৫১০ খ্রীঃ পূর্বাব্দে Samos-এর Theodorus টার্ণিং বিদ্যা আবিষ্কার করেন। কিন্তু ইহারও বহু পূর্ব হইতে যে কুমারের চাকের (Potter's Mill) প্রচলন চলিয়া আসিতেছে তাহা আমরা প্রাচীন ধর্মগ্রন্থাদি হইতে জানিতে পারি। সম্ভবতঃ কুমারের চাকই লেদ মেসিনের ক্রমবিকাশের প্রথম ধাপ এবং পৃথিবীর প্রাচীনতম যন্ত্র।

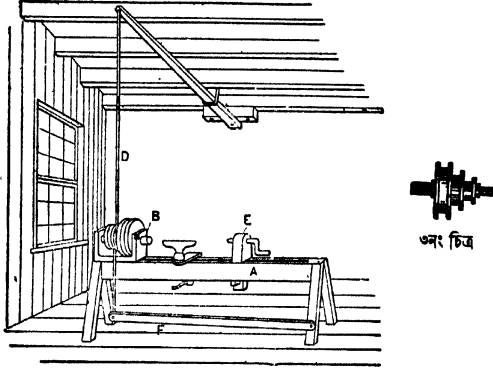
---

* খ্রীষ্টীয় প্রথম শতকের লেখক।

প্রকৃত লেদের প্রাচীনতম আকৃতি ১নং চিত্রে দেখান হইয়াছে। দুইটি কাঠের টুক্‌রা A, A-র একদিকে ছুঁচালো করিয়া লইয়া সুবিধামত দুইটি গাছে বাঁধা হইত। ইহারা আলের (Centers) কাজ করিত। C-কাঠের টুকরাটি, যাহাকে টার্ণিং (Turning) করিত হইবে, আলে আলে ধরা হইত। গাছের ঠিক ইহার বিপরীত দিকে সোজা (Straight) একটি কাঠের বাটাম B মারিয়া চিজেল (Chisel) বা অন্য কোন প্রকারের বাটালিকে (Cutting Tools) ঠেস (Support) দিবার জন্য টুলপোষ্ট (Tool-Post) তৈয়ারি করা হইত। C-টুকরাটিকে ঘোরাই-বার জন্য দড়ি D-এর একদিক বৃক্ষের একটি নমনীয় (Flexible) ডালে বাঁধিয়া দড়িটিকে কাঠের টুকরাটির উপর দু'-এক পাক ঘোরাইয়া লইয়া গিয়া অপর প্রান্তে একটি ফাঁস তৈয়ারি করা হইত। ফাঁসের মধ্যে পা ঢোকাইয়া দড়িটিকে নীচের দিকে টানিলে কাঠের টুকরাটি ঘুরিত।আর ডালটি নত হইয়া যাইত। পা আলগা করিলে ডালটি আবার তাহার পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া যাইত, তখন কাঠের টুকরাটি পূর্বের বিপরীত দিকে ঘুরিত। এইরূপে পা উঁচুনীচু করিয়া কাঠের টুকরাটিকে একবার সোজা দিকে একবার উল্টাদিকে ঘোরান হইত। টুকরাটি যখন সোজা দিকে ঘুরিত তখনই কেবলমাত্র উহা কাটা হইত। এই প্রকারে স্থূল যন্ত্রে প্রাচীনকালের দক্ষ কারিগরেরা যে সকল সুন্দর সুন্দর জিনিস টার্ণিং করিয়াছেন, তাহা দেখিলে আশ্চর্য হইতে হয়।

১নং চিত্র—প্রাচীন বৃক্ষ লেদ

ইহার পরের স্তরে আল দুইটি গাছের গুঁড়িতে না বাঁধিয়া একটি কাঠের বেঞ্চের উপর স্থায়ীভাবে তৈয়ারি করিয়া রাখা হইত, আর দড়িটি গাছের ডালে না বাঁধিয়া ঘরের ভিতরদিকের ছাদে একটি নমনীয় তক্তা (Flexible

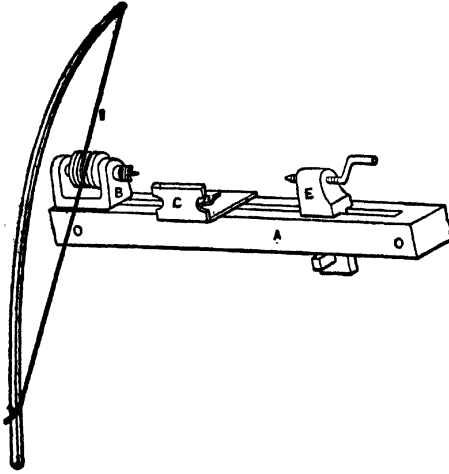
Lath) আটকাইয়া তাহার সহিত বাঁধা হইত। সম্ভবতঃ তক্তা বা Lath এই কথা হইতেই লেদ (Lathe) মেসিনের নামকরণ হইয়াছে।

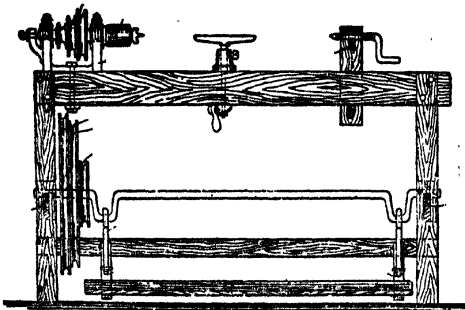
ইহার পর লেদ মেসিনের উন্নতি হইয়া ২নং চিত্রের ন্যায় আকৃতি হয়।

৩নং চিত্র

২ নং চিত্র—স্প্রিং-পোল লেদ

ইহাতে আল দুইটি, B এবং E, যথাক্রমে আধুনিক হেডষ্টক (Head stock) ও টেলষ্টকের (Tail stock) স্থূল আকৃতি লাভ করে। সে সময়ে হেডষ্টক ও টেলষ্টক উভয়ই কাঠের তৈয়ারী হইত। হেডষ্টক স্পিণ্ডল (Spindle), যাহার উপর দিয়া দড়িটি পাক খাইয়া যাইত, একটি সাধারণ কাটিম (Spool) আকৃতির ছিল। পরে ইহা ৩নং চিত্রের ন্যায় পুলির (Pulley) আকৃতি লয়। এই সময়ও দড়ির (চিত্রের D) উপরের প্রান্ত পূর্বের ন্যায় স্প্রিং করে এরূপ একটি তক্তায় (Spring-pole Lath) বাঁধা হইত কিন্তু নীচের প্রান্ত কাঠের তক্তা F-এর (২নং চিত্র) সহিত বাঁধা হইত। F-তক্তাটির অপর দিক মেসিনের পায়ার সহিত কীলক (Pivot) দ্বারা যুক্ত থাকিত যাহাতে ইহা কীলককে কেন্দ্র করিয়া ঘুরিতে পারে। প্রথমে ইহাতে কোনরূপ টুলপোষ্ট থাকিত না। পরে ইহার সহিত টুলপোষ্ট যুক্ত হয়। হেডষ্টক, টেলষ্টক এবং টুলপোষ্ট ২নং চিত্রের ন্যায় একটি কাঠের বেডের (Bed) উপর অবস্থিত থাকিত। এই প্রকার লেদ "স্প্রিং-পোল লেদ" (Spring-pole Lathe) নামে পরিচিত ছিল।

৪নং চিত্রের ন্যায় আর একপ্রকারের লেদ এই সময় আবিষ্কৃত হয়, তাহাকে কোঁদাই লেদ বা 'বেহালার ছড়ি' লেদ (Fiddle-bow Lathe)

বলে। এই প্রকার লেদেও বস্তুটিকে ঘোরাইবার জন্য পূর্বোক্ত নীতিই ব্যবহার করা হয়। D-দড়িটিকে টান অবস্থায় বস্তুর (Job) উপর দিয়া বা

৪নং চিত্র—কোঁদাই বা 'বেহালার ছড়ি' লেদ

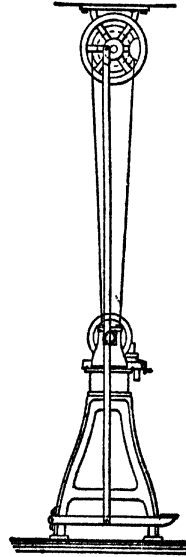
যাহাকে ঘোরাইলেই বস্তুটি ঘুরিবে এইরূপ কোন অংশের উপর দিয়া পাকাইয়া ঘোরান হয়। পূর্বোক্ত পদ্ধতির সহিত ইহার

৫নং চিত্র—পা-লেদ

তফাৎ এই যে দড়িটিকে টান রাখিবার জন্য ঘরের ভিতরকার ছাদে আর তক্তা (Lath) না লাগাইয়া ৪নং চিত্রের F-এর ন্যায় একটি লাঠিকে ধনুকের মত

বাঁকাইয়া দড়িটি টান রাখা যায়। এখানে A বেডের, B হেডষ্টকের, C টুলপোষ্টের এবং E টেলষ্টকের কাজ করিতেছে।

ইহার পর ৫নং চিত্রের ন্যায় পা-লেদের (Foot Lathe) প্রচলন হয়। ইহার পর এই পা-লেদের উন্নতি করিয়া আধুনিক কালে যেরূপে পা-সেলাইকল চালনা করা হয় সেইরূপে পা-লেদকে চালানো হইত। কিন্তু এই শেষোক্ত প্রকারের পা-লেদের একটি সুবিধা এই যে হুইল ও পা-দানিকে (Treadle) যে কানেক্‌টিং রড (Connecting Rod) যুক্ত করে, তাহা হুইলের কেন্দ্র এবং পাদানির যে বিন্দুতে রডটি আটকান, এই দুই বিন্দুর সংযোজক সরল-রেখার সহিত অত্যধিক কোণ করিয়া ঘোরে বলিয়া ঘর্ষণ অধিক হয় এবং পা দ্বারা যতটা শক্তি খরচ করা হয় সে তুলনায় কাজ পাওয়া যায় না। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য হুইলটি মেসিনের নিম্নস্থানের পরিবর্তে উপরে কাউণ্টার সাফটে (Counter Shaft) দিয়া পা-দানি (Treadle) এবং হুইলটিকে একটি লম্বা কানেকটিং রড (Connecting Rod) দ্বারা ৬নং চিত্রের ন্যায় যুক্ত করিয়া মেসিন ঘোরান হইল।

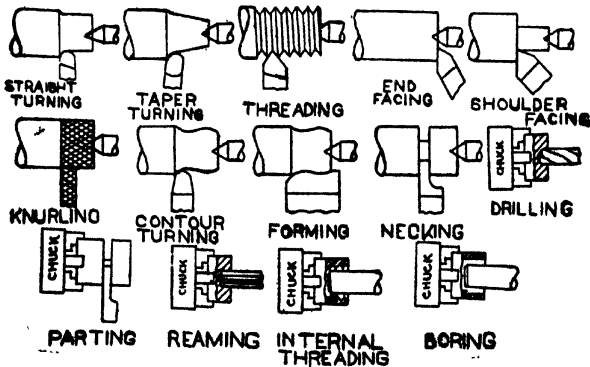
৬নং চিত্র—কাউণ্টার সাফ্‌ট চালিত পা-লেদ

লেদ মেসিনে কোন বস্তু কাটিবার মূল তত্ত্বটি সেই প্রাচীনকাল হইতে এক থাকিলেও আমরা অধুনা যে লেদ মেসিনেব সহিত পরিচিত তাহা পূর্বাপেক্ষা বহু উন্নত ধরনের। ১৭০০ খ্রীষ্টাব্দে অজ্ঞাতনামা একজন ফরাসী যন্ত্রবিদ লেদ মেসিনের উন্নতি সাধন করিয়া লেদ মেসিনকে সর্বপ্রথম একটি বিশেষ কার্যকরী মেসিনে রূপান্তরিত করেন। কিন্তু প্যাঁচ কাটিবার ব্যবস্থা যুক্ত আধুনিক লেদ মেসিনের জন্য আমরা Henry Mandsley-এর নিকট ঋণী। তিনি লেদ মেসিনে স্লাইডিং ক্যারেজ (Sliding Carriage) যুক্ত করিয়া লেদ মেসিনের উন্নতি-সাধন করেন এবং ১৮০০ খ্রীষ্টাব্দে লেদে স্ক্রু কাটিবার ব্যবস্থা প্রবর্তন করিয়া প্রতি ইঞ্চিতে ১৬ হইতে ১০০টি পর্যন্ত থ্রেড কাটেন। ইহার পর হইতে বিভিন্ন প্রকারের কাজের সুবিধার্থে বিভিন্ন আকৃতির ও

ডিজাইনের বহু প্রকারের লেদ মেসিন নির্মিত হইলেও, ইহার গঠনের ও ডিজাইনের মূল তত্ত্বটি একই রহিয়া গিয়াছে। ইহার ফলে লেদের গঠন প্রণালী, চালাইবার কৌশল ও ইহাতে মাল কাটিবার পদ্ধতির মূলতত্ত্ব সম্বন্ধে সম্যক্ জ্ঞান থাকিলে একজন দক্ষ মেসিনচালক যে কোন প্রকারের লেদ দক্ষতার সহিত চালাইতে পারেন।

লেদ মেসিনের প্রধান প্রধান কাজ

ইঞ্জিন লেদে প্রধানতঃ নিম্নলিখিত ছয় প্রকারের কাজ হয় :—

1. প্লেন বা সিলিণ্ড্রিক্যাল টার্ণিং (Plain or Cylindrical Turning)
2. টেপার টার্ণিং (Taper Turning)
3. ফেসিং (Facing)
4. বোরিং (Boring)
5. থ্রেড কাটিং (Thread Cutting)
6. ড্রিলিং ও রিমিং (Drilling and Reaming)

প্লেন টার্ণিং—যখন একটি ঘুরন্ত বস্তুর অক্ষের সমান্তরালভাবে বাটালি চালনা করিয়া বস্তুটির ব্যাস কমান হয়, তখন তাহাকে টার্ণিং বা প্লেন টার্ণিং বলে।

৭ নং চিত্র—লেদে প্রচলিত কয়েক প্রকারের কাজ

টেপার টার্ণিং—টেপার টার্ণিং-এর সময় ঠিক প্লেন টার্ণিং-এর ন্যায় বস্তুটি ঘুরিতে থাকে ও এক মুখবিশিষ্ট বাটালি চালনা করিয়া বস্তুটি কাটা হয়।

কিন্তু বাটালিটি বস্তুর অক্ষের সমান্তরাল না যাইয়া বস্তুর অক্ষের সহিত সূক্ষ্ম কোণ করিয়া যায়।

ফেসিং—ঘুরন্ত বস্তুর অক্ষের সহিত লম্বভাবে বাটালি চালনা করিয়া ফ্ল্যাট সারফেস (Flat Surface) অর্থাৎ সমতল বা চ্যাপ্‌টা পৃষ্ঠ উৎপন্ন করার পদ্ধতিকে ফেসিং বলে।

বোরিং—পূর্বকৃত গর্তের মধ্যে বস্তুর অক্ষের সহিত সমান্তরালভাবে বা কোণ করিয়া বাটালি চালনা করিয়া গর্তটিকে সিলিণ্ড্রিক্যাল (বেলনাকৃতি) বা কনিক্যাল (মোচাকৃতি) ভাবে বর্ধিত করার পদ্ধতিকে বোরিং বলে।

থ্রেড কাটিং—সমান্তরাল বা টেপারভাবে বস্তুর উপরের বা ভিতরের পৃষ্ঠে প্যাঁচ কাটাকে থ্রেড কাটিং বলে।

ড্রিলিং—একটি সলিড অর্থাৎ নিরেট বস্তুর অক্ষ বরাবর ড্রিল দ্বারা গর্ত করাকে ড্রিলিং বলে।

রিমিং—ড্রিল করা গর্ত মস্থণ ও নিখুঁত মাপবিশিষ্ট হয় না। সেইজন্য নিখুঁত মাপের গর্ত করিতে হইলে, যে মাপের গর্ত করিতে হইবে তাহা অপেক্ষা ·010 (দশ হাজার) হইতে ·016 (ষোল হাজার) ইঞ্চি ছোট মাপের গর্ত প্রথমে ড্রিল করা হয় ও পরে রিমার দ্বারা গর্তটি নিখুঁত মাপে আনা হয় ও মস্থণ করা হয়। রিমার দ্বারা এইভাবে গর্তের মাপ নিখুঁত করাকে রিমিং বলে।

দ্বিতীয় অধ্যায়

লেদের শ্রেণীবিভাগ

লেদের প্রকার

লেদ মেসিন প্রধানতঃ হোরাইজন্‌টাল (Horizontal) ও ভার্টিকাল (Vertical) এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত। ভার্টিকাল লেদ মেসিন "বোরিং মেসিন" (Boring Machine) নামেই অধিক পরিচিত। লেদ মেসিন বলিতে আমরা সাধারণতঃ হোরাইজন্‌টাল লেদ মেসিনকেই বুঝাইয়া থাকি। হোরাইজনটাল লেদ মেসিনকে সাধারণভাবে চারিশ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়।

গঠন এবং ব্যবহার অনুযায়ী ইহাদের প্রত্যেককে আবার বিভিন্ন উপ-বিভাগে বিভক্ত করা যায়। যেমন—

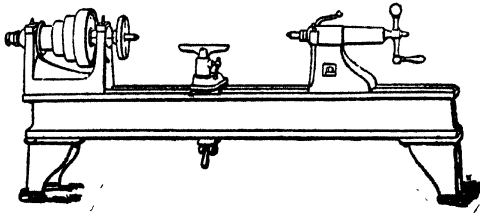
1. স্পীড লেদ (Speed Lathes)
   - —হ্যাণ্ড-লেদ (মেঝে বা বেঞ্চের জন্য) (Hand Lathes, for floor or bench)
   - —পলিশিং লেদ (Polishing Lathe)
   - —প্যাটার্ণ লেদ (Pattern Lathe)
   - —স্পিনিং লেদ (Spinning Lathe)
   - —চাকিং লেদ (টারেট সমেত বা বাদে) (Chucking Lathes, with or without Turret)

2. মেটাল টার্ণিং লেদ (Metal Turning Lathes)
   - —প্লেন ইঞ্জিন লেদ (থ্রেড কাটিবার যান্ত্রিক ব্যবস্থাহীন) (Plain Engine Lathes, without thread cutting mechanism)
   - —ফক্সব্রাস লেদ (Fox-brass Lathes)
   - —ফোর্জ লেদ (Forge Lathe)
   - —রাফিং লেদ (Roughing Lathe)

3. পূর্ণাঙ্গ ইঞ্জিন লেদ (Complete Engine Lathe with thread cutttng Mechanism)
   - —পূর্ণাঙ্গ ইঞ্জিন লেদ (থ্রেড কাটিবার যান্ত্রিক ব্যবস্থাযুক্ত) (Complete Engine Lathe with thread cutting mechanism)
   - —বেঞ্চ লেদ (Bench Lathes)
   - —টুলরুম লেদ (Tool Room Lathes)
   - —প্রিসিসন লেদ (Precision Lathes)
   - —র‍্যাপিড রিডাকসন লেদ (Rapid Reduction Lathes)
   - —প্রডাক্সন লেদ (Production Lathes)

4. স্পেশাল লেদ (Special Lathes)
   - —ফর্মিং লেদ (Forming Lathes)
   - —পুলি লেদ (Pulley Lathes)
   - —সাফ্‌টিং লেদ (Shafting Lathes)
   - —মাল্টিপ্‌ল (একাধিক) স্পিণ্ডল লেদ (Multiple Spindle Lathes)
   - —টারেট লেদ (Turret Lathes)

স্পীড লেদ (Speed Lathes) :—যে লেদে বাটালি হাতে চালাইতে হয়, স্বয়ংক্রিয়ভাবে চালাইবার ব্যবস্থা থাকে না, তাহাকে স্পীড লেদ বলে। এই প্রকার লেদ প্রধানতঃ কাঠ এবং পিতল প্রভৃতি নরম ধাতু কাটিবার উদ্দেশ্যে নির্মিত হওয়ায় হেডষ্টক স্পিণ্ডলকে অত্যধিক বেশি স্পীডে অর্থাৎ গতিতে ঘোরাইবার ব্যবস্থা থাকে। এইজন্য এই প্রকার লেদের এইরূপ নামকরণ হইয়াছে। স্পীড লেদ সাধারণতঃ ব্যাকগিয়ার (Back Gear) এবং ক্যারেজ (Carriage) হীন হয়, তবে এই শ্রেণীর অন্তর্গত চাকিং লেদে কোন কোন সময় ব্যাকগিয়ারের ব্যবস্থা থাকে। কারণ, এই প্রকার লেদে প্রায়ই বড় বড় গর্ত (Bore) বোরিং করিতে হয় এবং বড় ও ভারী মাল কাটিবার জন্য স্পীড কমাইতে ব্যাকগিয়ারের প্রয়োজন হয়।

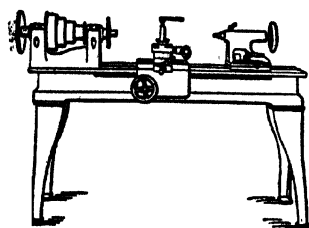
হ্যাণ্ড-লেদ—সাধারণতঃ হাতে বাটালি ধরিয়া কাটিতে, ফাইলিং করিতে এবং হাল্কা কোপ দিয়া বস্তু কাটিতে ব্যবহৃত হয়। ইহাতে যে স্লাইড রেষ্ট

৮ নং চিত্র—বেঞ্চ লেদ

(Slide Rest) থাকে তাহা প্রয়োজনমত খুলিয়া রাখা যায়। এই প্রকারের লেদ ৮ নং চিত্রের ন্যায় মেসিনিষ্টের (Machinist) বেঞ্চে বা ৯ নং চিত্রের প্যাটার্ণ লেদের ন্যায় পায়ার উপর অবস্থিত থাকে।

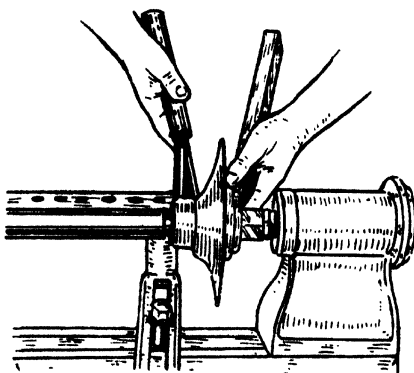
নাম হইতেই বুঝিতে পারা যায় **পলিশিং লেদ** অধিকাংশ ক্ষেত্রে পালিশ করিবার কাজে ব্যবহৃত হয়। তবে কোন কোন সময় ইহাতেও স্লাইড-রেষ্ট (Slide Rest) বা হ্যাণ্ড-রেষ্ট (Hand Rest) থাকে।

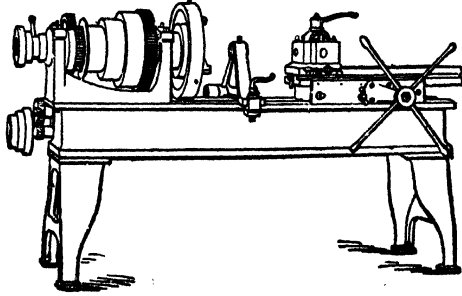
প্যাটার্ণ লেদে হ্যাণ্ড-রেষ্টে ঠেস রাখিয়া চিজেল প্রভৃতি হাত বাটালির সাহায্যে কাঠে প্যাটার্ণ করা হয়। ৯নং চিত্রের ন্যায় বর্তমানে এই প্রকার

৯নং চিত্র—প্যাটার্ণ লেদ

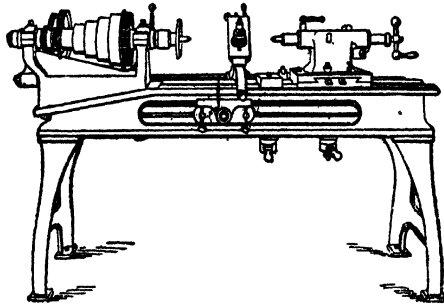
অনেক মেসিনে বাটালি বাঁধিবার জন্য স্লাইড-রেষ্টের ব্যবস্থা থাকে।

স্পিনিং লেদে গোলাকৃতি ধাতুর চাদরকে (Sheet Metal) অত্যন্ত দ্রুত গতিতে ঘোরান হয় এবং স্পিনিং করিবার উদ্দেশ্যে-নির্মিত বিশেষ প্রকারের বাটালির সাহায্যে চাদরটিকে যে আকৃতি দিতে হইবে সেই আকৃতির কাঠের চাকের গায়ে চাপিয়া ধরিয়া চাদরটিকে গেলাস, বাটি, হাঁড়ি প্রভৃতি নানারকম আকৃতি দেওয়া হয়।

১০নং চিত্র—স্পিনিং লেদ

১১নং চিত্রের ন্যায় **চাকিং লেদ** পুলি, গিয়ার, স্লীভ (Sleeve), বুস (Bush) প্রভৃতির ন্যায় গোলাকৃতি বস্তুকে বোর (Bore) করিতে বা রিমার চালাইতে ব্যবহৃত হয়। অবশ্য এই প্রকারের কোন কোন মেসিনে ফেসিং প্রভৃতি করিবার জন্য ক্রশ স্লাইড এবং টুল পোষ্ট থাকে। আজকাল এই প্রকার মেসিনে টারেটও (Turret) যুক্ত করা হয় যাহাতে একাধিক বাটালি একসঙ্গে বাঁধিয়া বোরিং, রিমিং ছাড়াও ফেসিং, রিসেসিং (Recessing) প্রভৃতি কাজ বা অপারেসন (Operations) বার বার বাটালি না বদলাইয়া একই সেটিংএ করিতে পারা যায়।

মেটাল টার্ণিং লেদ—এই প্রকার লেদ বিভিন্ন ধাতু কাটিবার উদ্দেশ্যে নির্মিত হওয়ায় বিভিন্ন ধাতু ও বিভিন্ন মাপের বস্তু কাটিবার উপযোগী ইহাতে আস্তে এবং দ্রুত অনেকগুলি স্পীডের ব্যবস্থা থাকে ও বাটালি স্বয়ংক্রিয়ভাবে চালানো যায়। এই প্রকার লেদে থ্রেড কাটিবার ব্যবস্থা থাকে না।

এই শ্রেণীর অন্তর্গত **প্লেন ইঞ্জিন লেদে** থ্রেড কাটিবার যান্ত্রিক ব্যবস্থা থাকে না। পূর্বে এই প্রকারের ছোট সাইজের (Size) লেদে স্বয়ংক্রিয় আড়াআড়ি দৌড় অর্থাৎ ক্রশফিডও থাকিত না। বিশেষ ফরমায়েশ ব্যতীত আজকাল নির্মাতারা এই প্রকারের যন্ত্র তৈয়ারী করেন না। বর্তমানে সব লেদেই প্রায় থ্রেড কাটিবার ব্যবস্থা থাকে।

১১ নং চিত্র—চাকিং বা টারেটযুক্ত লেদ

১২ নং চিত্রের **ফক্সব্রাস লেদ** ইঞ্জিন লেদেরই মত, তবে ইহাতে ক্যারেজ থাকে না। ক্যারেজের পরিবর্তে ইহাতে এক-প্রকারের ঘুরন্ত টুলপোষ্ট থাকে

১২ নং চিত্র—ফক্সব্রাস লেদ

যাহার নিম্নভাগ লিড-স্ক্রুর সহিত এরূপভাবে যুক্ত থাকে যে একটি হ্যাণ্ডেলের দ্বারা স্লাইডটিকে সম্মুখের দিকে আনিলে স্লাইডটি লম্বালম্বি দিকে চলিতে আরম্ভ করে। এই প্রকারের লেদে সাধারণতঃ ব্যাকগিয়ার থাকে না এবং ইহাকে খুব

জোরে ঘোরান যায়। এইপ্রকার লেদে পিতলের কাজ খুব ভাল হয় এবং 'চেজার' (Chaser) দ্বারা খুব শীঘ্র থ্রেড কাটা যায়।

থ্রেড কাটিবার ব্যবস্থাহীন প্লেন ইঞ্জিন লেদকেই ভারী কাজের (heavy duty) উপযুক্ত করিয়া নির্মাণ করিয়া **ফোর্জ লেদ** তৈয়ারি করা হয়। বড় বড় পেটাই (Forging) বস্তুকে রাফ ফিনিস্ করিতে এই প্রকারের লেদ ব্যবহার হয়। ইহার নির্মাতারা দাবি করেন যে বড় বড় পেটাই বস্তুকে পেটাইয়া মাপে আনিতে যে সময় লাগিবে ফোর্জিং লেদে তাহা অপেক্ষা অনেক কম সময়ে বস্তুটিকে মাপে আনা যায়।

'রাফিং লেদ' (Roughing Lathe) নাম হইতেই বুঝা যায় এইপ্রকার লেদ বস্তুকে দ্রুত মোটামুটি (Rough) মাপে আনিতে ব্যবহৃত হয়। সুতরাং ইহা খুব ভারী ও মজবুত করিয়া নির্মাণ করা হয় এবং ইহাকে চালাইবার জন্য খুব শক্তিশালী যান্ত্রিক ব্যবস্থা থাকে। ইহার সহিত ফোর্জ লেদের তফাৎ এই যে, ফোর্জ লেদ কেবলমাত্র ফোর্জিং করা বস্তুকেই কাটিবার জন্য নির্মিত হওয়ায় ইহাতে বস্তুকে কেবলমাত্র আলে আলে ধরিবার ব্যবস্থা থাকে। কিন্তু রাফিং লেদে রড কাটিবার জন্য স্পিণ্ডলের মধ্যে গর্ত থাকায় এবং চাকে আলে বা আলে আলে কাজ করিবার ব্যবস্থা থাকায় ইহাতে নানা প্রকারের কাজ করা যায়। আবার রাফিং লেদ ও র‍্যাপিড রিডাক্‌সন লেদ-এ তফাৎ এই যে প্রথমটায় কেবলমাত্র দ্রুত মোটামুটি মাপে আনা যায় কিন্তু পরেরটায় কেবলমাত্র দ্রুত মোটামুটি মাপে আনা ছাড়াও, ইহাতে ইচ্ছা করিলে ফিনিস মাপ বা যাহার পর গ্রাইণ্ডিংএ ফিনিস মাপ আনা যাইবে এরূপ মাপে আনা যায়।

পূর্ণাঙ্গ ইঞ্জিন লেদ—এই শ্রেণীর লেদে ব্যাকগিয়ার করিবার, থ্রেড কাটিবার, স্বয়ংক্রিয়াভবে বাটালি চালাইবার প্রভৃতি সমস্ত ব্যবস্থা থাকে।

পূর্ণাঙ্গ ইঞ্জিন লেদ—ইহা সাধারণ সকল কাজের উপযোগী এবং থ্রেড কাটিবার ব্যবস্থাযুক্ত ইঞ্জিন লেদ। সাধারণতঃ ইহা একটু বড় মাপের হয়। ইহার বেড 4 ফুট হইতে 16 ফুট পর্যন্ত লম্বা এবং সুইং (Swing) 9 ইঞ্চি হইতে 50 ইঞ্চি পর্যন্ত হয়।

বেঞ্চ লেদ—এই প্রকার ইঞ্জিন লেদ সাধারণতঃ 6 ফুট পর্যন্ত বেড ও 12 ইঞ্চি পর্যন্ত সুইং (Swing) বিশিষ্ট হয়। এই প্রকার লেদ সাধারণতঃ

বেঞ্চের উপর বসান থাকে এবং ছোট ছোট এবং সূক্ষ্ম কাজের উপযোগী করিয়া নির্মিত হয়।

টুলরুম লেদ—ইহা ঠিক পূর্ণাঙ্গ ইঞ্জিন লেদের ন্যায় দেখিতে, তবে ইহা বিশেষভাবে সূক্ষ্ম কাজের উপযোগী করিয়া নির্মিত। এই প্রকার মেসিনে সাধারণ পূর্ণাঙ্গ ইঞ্জিন লেদ অপেক্ষা অনেক বেশি সংখ্যক স্পীড ও ফীড দিবার ব্যবস্থা থাকে ও মেসিনের সঙ্গে অনেক বেশী রকমের অ্যাটাচ্‌মেণ্ট থাকে। ইহা টুলরুমের কাজের পক্ষে বিশেষ উপযোগী বলিয়া ইহার এইরূপ নামকরণ হইয়াছে।

প্রিসিসন লেদ—একটি পূর্ণাঙ্গ ইঞ্জিন লেদ। ইহার বিশেষত্ব এই যে ইহাতে খুব সূক্ষ্ম কাজ করা যায়। ইহাতে টুলরুম লেদ অপেক্ষাও সূক্ষ্ম মাপ লইবার ব্যবস্থা থাকে এবং ইহার প্রতিটি অংশ (Parts) বিশেষ যত্ন সহকারে খুব নিখুঁত করিয়া নির্মিত হয়।

র‍্যাপিড রিডাক্‌সন লেদও একটি পূর্ণাঙ্গ ইঞ্জিন লেদ। ইহার ব্যবহার পূর্বেই বলা হইয়াছে।

কোন বিশেষ প্রকারের কাজ করিবার উদ্দেশ্যে যে লেদ নির্মিত হয় তাহাকে **স্পেশাল লেদ** বলে। সুতরাং চতুর্থ শ্রেণীর অন্তর্গত স্পেশাল লেদ অসংখ্য প্রকারের হইতে পারে। এখানে কেবলমাত্র কয়েকটি চালু স্পেশাল লেদের নাম উল্লেখ করা হইয়াছে।

পুলি লেদে পুলি টার্ণিং করা হয়। **সাফ্‌টিং লেদে** সাফ্‌ট টার্ণিং করা হয়। কোন কোন লেদ বিশেষ কাজের জন্য একাধিক স্পিণ্ডলযুক্ত হয়, তাহাকে মাল্টিপ্‌ল স্পিণ্ডলযুক্ত লেদ বলে।

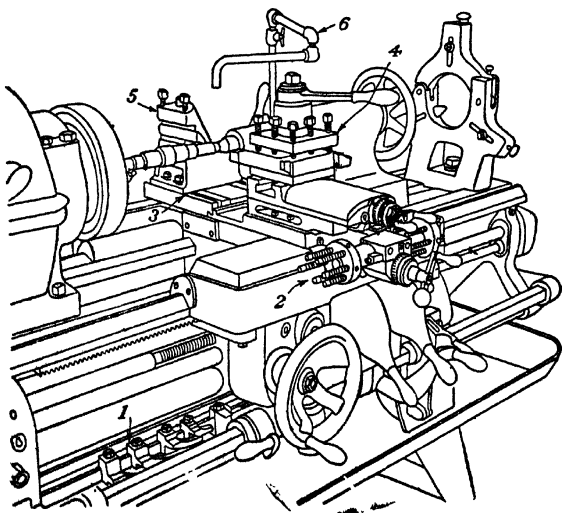
স্পেশাল টাইপ লেদের মধ্যে **টারেট লেদই** অন্যতম। ইহাতে একাধিক বাটালি একসঙ্গে বাঁধিবার ব্যবস্থা থাকায় ইহা দ্রুত উৎপাদনের পক্ষে বিশেষ উপযোগী। টারেট লেদের অধুনা এরূপ উন্নতি হইয়াছে এবং ইহার প্রচলন এরূপ বাড়িয়া গিয়াছে যে ইহাকে আর স্পেশাল লেদ বলা চলে না। আজকাল **টারেট বা ক্যাপস্‌টান্‌** লেদই একটি নিজস্ব শ্রেণীর উৎপত্তি করিয়াছে।

কোন্‌ সময় ইঞ্জিন লেদ অপেক্ষা বেঞ্চ লেদ ব্যবহার করা সুবিধাজনক ?

বেঞ্চ লেদ বিশেষভাবে ছোট ছোট হাল্কা কাজের উপযোগী করিয়া নির্মিত হওয়ায় বেঞ্চ লেদে সূক্ষ্ম যন্ত্রপাতি তৈয়ারি করা ইঞ্জিন লেদ অপেক্ষা

সুবিধাজনক। ইহা ইঞ্জিন লেদের ন্যায় দেখিতে হইলেও ইহার টুলপোষ্ট এরূপভাবে নির্মিত যে বাটালি খুব তাড়াতাড়ি বদল করা যায়। ফলে যে সকল কার্যে বারবার বাটালি বদল করিতে হয়, সেই সকল কার্যের পক্ষেও ইহা ইঞ্জিন লেদ অপেক্ষা ফলপ্রদ। ইহার নানাপ্রকার অ্যাটাচ্‌মেণ্ট থাকায় একদিকে যেমন গ্রাইণ্ডিং, মিলিং প্রভৃতি নানাপ্রকার কাজ করা যায়, অপরপক্ষে দ্রুত উৎপাদনও করা যায়।

ইঞ্জিন লেদ ও প্রডাক্‌সন লেদের মধ্যে তফাৎ—

প্রডাক্‌সদ লেদ মূলতঃ ইঞ্জিন লেদ, তবে প্রডাক্‌সন অর্থাৎ উৎপাদনের সুবিধার্থে ইহাতে অতিরিক্ত কয়েকটি ব্যবস্থা ও অ্যাটাচমেণ্ট থাকে। ইহাদের মধ্যে মাল্টিপ্‌ল লেংথ ষ্টপ (Multiple Length Stop), মাল্টিপ্‌ল ডায়ামেটার ষ্টপ (Multiple Diameter Stops), রীয়ার টুলপোষ্ট (Rear Tool Post), ফোর-ওয়ে টুল ব্লক (Four Way Tool Blocks) অন্যতম।

1. মাল্টিপ্‌ল লেংথ ষ্টপ 2. মাল্টিপ্‌ল ডায়ামেটার ষ্টপ 3. রীয়ার টুল রেষ্ট
4. ফোর-ওয়ে টুল ব্লক 5. রীয়ার টুলপোষ্ট 6, কুলাণ্ট পাইপ
১৩ নং চিত্র—প্রডাক্‌সন লেদ

1. **মাল্টিপ্‌ল লেংথ ষ্টপ**—অর্থাৎ একাধিক লম্বালম্বি দৌড় রোধক। ইহা দ্বারা ক্যারেজের লম্বালম্বি দৌড় ঈপ্সিত জায়গায় আপনা হইতে থামান

যায়। একটি বস্তু কাটিয়া একবার এই ষ্টপগুলিকে সেট করিয়া লইলে, বারবার আর মাপ লইতে হয় না। নির্দিষ্ট দূরত্বে ক্যারেজ আপনা হইতেই থামিয়া যায়।

2. **মাল্টিপ্‌ল ডায়ামেটার ষ্টপ**—অর্থাৎ একাধিক আড়াআড়ি দৌড় রোধক। ইহা দ্বারা ক্যারেজের আড়াআড়ি দৌড় নির্দিষ্ট জায়গায় আপনা হইতে থামান যায়। ফলে, প্রতিবার কোপ দিয়া জবের ব্যাসের মাপ লইবার প্রয়োজন হয় না।

3. **রীয়ার টুল পোষ্ট**—অর্থাৎ পশ্চাৎদিকের টুল পোষ্ট। ইহা ক্রশ স্লাইডের পশ্চাৎদিকে অবস্থিত এবং ক্রশ ফিড স্ক্রুর সাহায্যে ইহাকে ভিতর দিকে বা বাহিরের দিকে চালনা করা যায়। ইহার ফলে মেসিনে একসঙ্গে অতিরিক্ত টুল (Tools) বাঁধিতে পারা যাওয়ায় কাজের অনেক সুবিধা হয়।

4. **ফোর-ওয়ে টুল ব্লক**—অর্থাৎ একসঙ্গে চারিদিকে চারিটি টুল বাঁধিবার ব্যবস্থাযুক্ত টুলপোষ্ট। এই টুলপোষ্টে একসঙ্গে চারিটি টুল বাঁধা যায় এবং টুলপোষ্টটি ঘোরাইয়া চারিটি বিভিন্ন অবস্থানে বাঁধা যায়। ফলে, যেখানে একটি কাজ করিতে বিভিন্ন টুলের প্রয়োজন হয়, সেই সকল ক্ষেত্রে এই টুলপোষ্ট থাকিলে অনেক সময় বাঁচে।

লেদ মেসিনের পরিচয়—লেদ মেসিনের স্পষ্টভাবে পরিচয় দিতে হইলে লেদ মেসিনটি পূর্ব বর্ণিত কোন্ শ্রেণীর অন্তর্গত এবং উহার মাপ (তৃতীয় অধ্যায় দ্রষ্টব্য) বলা ছাড়াও সময় সময় উহার বিশেষ গঠন বৈশিষ্ট্যের উল্লেখ করিতে হয়। যেমন, লেদটির হেডষ্টক বা গজেন ষ্টেপ কোণ পুলি টাইপ না অলগিয়ার টাইপ, লেদটি হলো স্পিণ্ডল না সলিড স্পিণ্ডল বিশিষ্ট এবং লেদটিতে একাধিক ব্যাকগিয়ার, গ্যাপবেড, কুইক-চেঞ্জ গিয়ার বক্স প্রভৃতি কি কি বিশেষ ব্যবস্থা আছে উহার উল্লেখ করিতে হয়। উদাহরণ স্বরূপ, ইঞ্জিন লেদে সাধারণতঃ সিঙ্গল ব্যাক গিয়ারের ব্যবস্থা থাকে। উহার উল্লেখ না করিলেও চলিবে। কিন্তু ইঞ্জিন লেদটিতে যদি ডবল বা ট্রিপল ব্যাক গিয়ার থাকে, হেডষ্টক ষ্টেপ কোণ পুলি টাইপ ও হেডষ্টক স্পিণ্ডল হলো অর্থাৎ ফাঁপা হয়, তাহা হইলে বলিতে হইবে ষ্টেপ কোণ পুলি টাইপ হলোস্পিণ্ডল ডবল বা ট্রিপ্‌ল ব্যাকগিয়ার বিশিষ্ট লেদ (Step Cone Pulley Type Hollow Spindle Double or Triple Baek geared Lathe)।

তৃতীয় অধ্যায়

ইঞ্জিন লেদের প্রধান প্রধান অংশ ও তাহাদের যান্ত্রিক ব্যবস্থা

(Main Parts & Mechanism of Complete Engine Lathe)

সেণ্টার বা ইঞ্জিন লেদ বলিবার কারণ

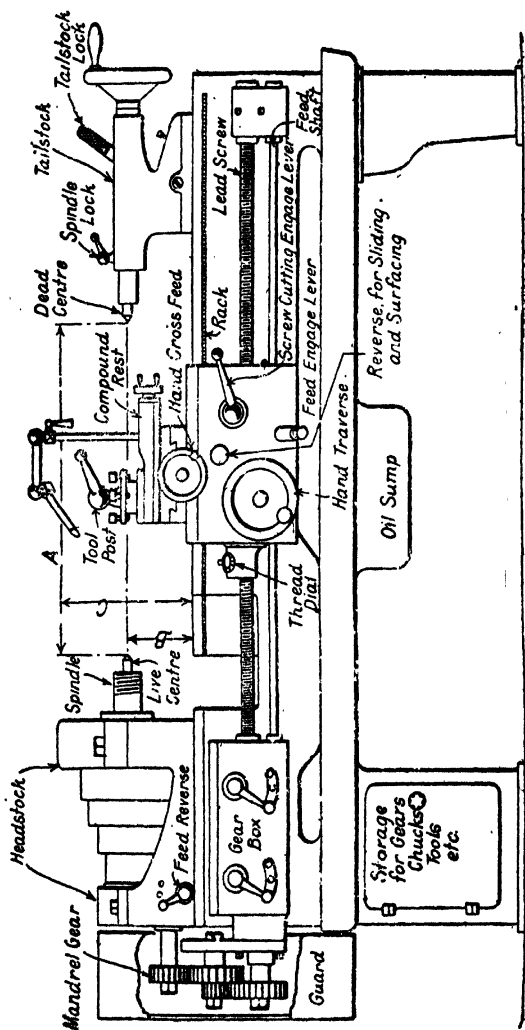
পূর্ণাঙ্গ সেণ্টার লেদ সম্বন্ধে কিছু বলিবার পূর্বে প্রথমতঃ জানা প্রয়োজন ইহাকে সেণ্টার বা ইঞ্জিন লেদ বলা হয় কেন? ইহাতে সেণ্টারে সেণ্টারে অর্থাৎ আলে আলে বস্তু কাটা যায় বলিয়া যে ইহাকে সেণ্টার লেদ বলা হয় তাহা সহজে বুঝিতে পারা যায়। কিন্তু ইহাকে যে ইঞ্জিন লেদ কেন বলা হয় তাহা বুঝিতে একটু কষ্ট হয়। ইঞ্জিনিয়ারিং শাস্ত্রের শৈশব অবস্থায় ইঞ্জিন শব্দটি বর্তমানের অর্থে ব্যবহৃত হইত না। তখনকার বহু পুস্তকে ইঞ্জিন শব্দটিকে মেসিন অর্থে ব্যবহার করিতে দেখা যায়। তাহা হইতে মনে হয় লেদ মেসিন বুঝাইতেই ইঞ্জিন লেদ নামকরণ করা হইয়াছে। আবার কেহ কেহ মনে করেন পূর্বে যখন ইলেকট্রিক মোটর আবিষ্কৃত হয় নাই, তখন ষ্টীম ইঞ্জিনের সাহায্যে লেদ মেসিন চালনা করা হইত বলিয়া ইহাকে ইঞ্জিন লেদ বলা হয়।

লেদের প্রধান প্রধান অংশ :—

1. বেড :—(১৫নং চিত্র) লেদ মেসিনের বেড মেসিনের পায়ার উপর প্রয়োজন মত উচ্চতায় থাকিয়া মেসিনের প্রধান কাঠামো তৈয়ারি করে।

ইহার বাম প্রান্তে হেডষ্টক স্থায়ীভাবে বসান থাকে এবং ইহার উপর পৃষ্ঠে ভূ-পৃষ্ঠের সমান্তরাল সমতলে পরস্পর সমান্তরাল দুইটি পথ (ways) এরূপভাবে থাকে যাহাতে ক্যারেজ এবং টেলষ্টক ইহার উপর দিয়া হেডষ্টক স্পিণ্ডলের অক্ষের সমান্তরালভাবে যাতায়াত করিতে পারে।

2. হেডষ্টক :—(১৪নং চিত্র) ইহা লেদের সর্বাপেক্ষা প্রয়োজনীয় অঙ্গ এবং লেদবেডের বামপ্রান্তে স্থায়ীভাবে অবস্থিত থাকে। হেডষ্টক স্পিণ্ডল ও তাহাকে ঘোরাইবার যান্ত্রিক ব্যবস্থা ইহার মধ্যে থাকে।

১৪নং চিত্র—ষ্টেপ কোণ পুলি টাইপ লেদ

৪. **টেলষ্টক**:—(১৪নং চিত্র) ইহা হেডষ্টকের পরিপূরক। মাল ধরিবার ডান দিকের আল বা ডেড সেণ্টার ইহাতে থাকে। মালের দৈর্ঘ্য অনুযায়ী ইহা বেডের উপর সরাইয়া বিভিন্ন দূরত্বে বাঁধা যায়।

4. **ক্যারেজ**:—ইহা বেডের উপর অবস্থিত। ইহার প্রধান কাজ হইতেছে বাটালি ধরা ও তাহাকে চালনা করা। ইহাকে হাতে বা স্বয়ংক্রিয়ভাবে হেডষ্টক ও টেলষ্টকের মধ্যবর্তী বেডের উপর যাতায়াত করান যায়। স্যাড্‌ল, অ্যাপ্‌রণ, লম্বালম্বি ও আড়াআড়ি দৌড়ের যান্ত্রিক ব্যবস্থা, কম্পাউণ্ড রেষ্ট প্রভৃতিকে মিলাইয়া ক্যারেজ বলা হয়।

5. **কুইক চেঞ্জ গিয়ার বক্স**—থ্রেড বা প্যাঁচ কাটার অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য।

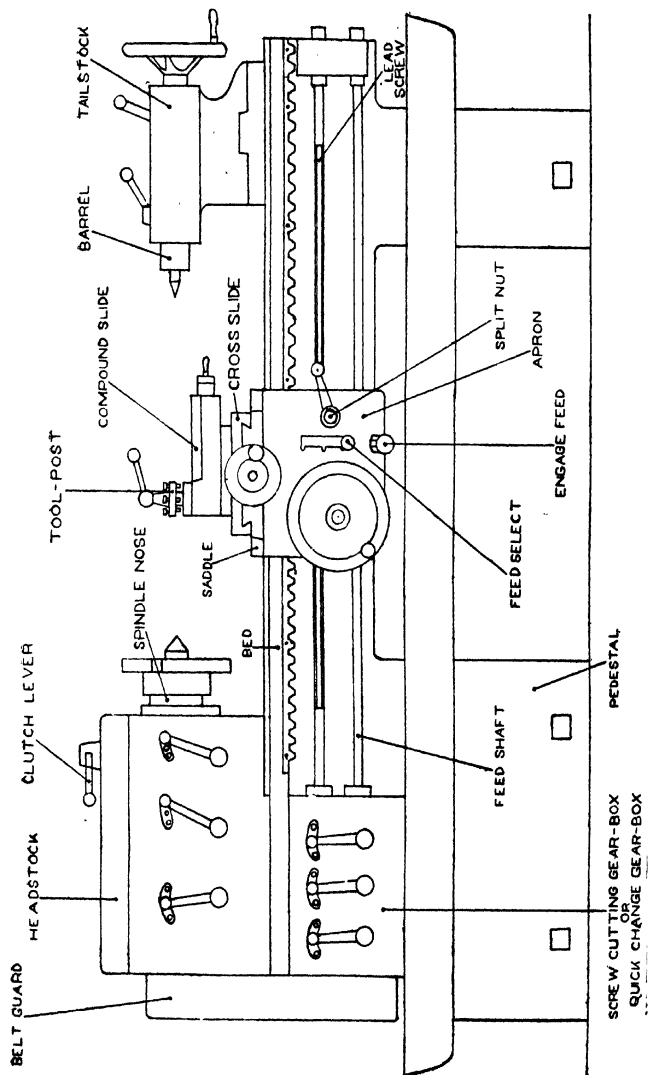
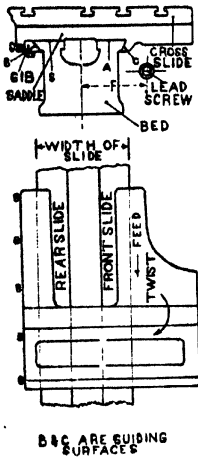
বেড (Bed)

বেডের নিখুঁতত্ব ও স্থায়ীত্ব কিসের উপর নির্ভরশীল?

মেসিনের বেড কতটা মজবুত ও দৃঢ়, বিশেষ করিয়া মোচড় সহ্য করিবার ক্ষমতা কতখানি, তাহার উপর লেদের নিখুঁতত্ব নির্ভর করে; আর বিয়ারিং সারফেসের (Bearing Surface) মাপ, স্যাড্‌ল ও বেডের উপর ক্যারেজ এবং টেলষ্টক যাতায়াতের জন্য যে পথ কাটা থাকে তাহার আকৃতির উপর লেদের আয়ু নির্ভর করে। লেদ বেডের পথ (Slides) ও স্যাড্‌ল পরস্পর পরস্পরকে যত বেশী জায়গায় স্পর্শ করিবে ক্ষয় তত কম হইবে।

লেদ বেডের আকৃতি নিরূপণের সময় কি কি বিষয় লক্ষ্য রাখা উচিত?

লেদের বেডের আকৃতি এরূপ করিতে হইবে যে ধাতু কাটিবার সময় বেডের উপর যে চাপ ও মোচড় পড়িবে তাহা যেন বেডের সহ্য করিবার ক্ষমতা থাকে অর্থাৎ ইহার ফলে বেড যেন বিকৃত না হয়।

১৫ নং চিত্র—অলগিয়ার টাইপ হেডষ্টক।

লেদের বেড যাহাতে মোচড়াইয়া বা বাঁকিয়া না যায়, তজ্জন্য অনেক লেদ মেসিন নির্মাতা লেদের বেড ভারী অর্থাৎ বেশী কাষ্ট আয়রণ দিয়া পুরু করিয়া ঢালাই করেন। কিন্তু ইহা ভাল নয়। কারণ, লেদের বেড যত ভারী করিয়াই ঢালাই করা যাক না কেন, উহা অসমতল জায়গায় বসাইলে মোচড়াইয়া যাইবে। সুতরাং লেদের বেড অকারণে ভারী না করিয়া লেদ মেসিন সমতল জায়গায় দৃঢ়ভাবে বসাইলে লেদের বেড সহজে মোচড়াইবে বা বাঁকিবে না।

১৬নং চিত্র—ডাভ্ টেল টাইপ ফ্ল্যাট বেড

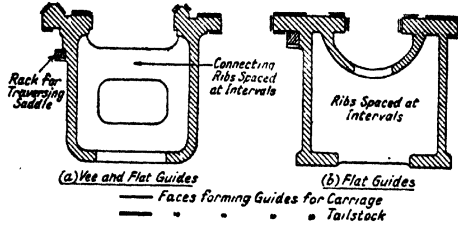
ক্যারেজ ও টেলষ্টক যাতায়াতের দরুন বেডের যে ক্ষয় হয়, তাহা আজকাল পূর্বের ন্যায় মারাত্মক বলিয়া মনে করা হয় না। কেবল মাত্র লক্ষ্য রাখিতে হইবে এই ক্ষয় যেন সমভাবে হয় এবং মেসিনের নিখুঁতত্ব নষ্ট না করে। ক্ষয় দরুন যে ঢিলা হয় তাহা দূর করিবার ব্যবস্থা স্যাড্‌লে থাকিবে।

বেডের আকৃতি কিরূপ হয়? কোন আকৃতির কি কি সুবিধা অসুবিধা?

বিভিন্ন নির্মাতা মেসিন বেডের উপরিভাগ বিভিন্ন আকৃতিতে নির্মাণ করিয়া থাকেন। ইহাদের মধ্যে অধিক প্রচলিত কয়েক প্রকার বেডের আকৃতি সম্বন্ধে এখানে আলোচনা করা হইবে।

ফ্ল্যাট বেড (Flat Bed)—ফ্ল্যাট অর্থাৎ সমতল মাথাবিশিষ্ট বেড, বেডের অন্যতম প্রাচীন আকৃতি। ইহা নির্মাণ করা সোজা বলিয়া ইংরাজগণ এই প্রকার আকৃতি পছন্দ করেন, কিন্তু আমেরিকায় ইহা কখনই জনপ্রিয় হয় নাই।

সর্বাপেক্ষা প্রচলিত ফ্ল্যাট বেড হইতেছে "ডাভ্ টেল" (Dovetail) (১৬নং চিত্র) অর্থাৎ সমতল মাথা ও হেলান (Angular) পার্শ্ববিশিষ্ট ফ্ল্যাট বেড। ক্রশ ও কম্পাউণ্ড স্লাইডের যাতায়াতের জন্য এই প্রকার পথ (Ways) পৃথিবীর সর্বত্র প্রচলিত। ক্যারেজের ভার বেডের সমতল মাথা বহন করে আর বেডের দুই পার্শ্ব হেলান থাকায় স্যাড্‌ল উপর দিকে উঠিয়া যাইতে

আড়াআড়ি সরিয়া যাইতে বা অনুভূমিক (Horizontal) তলে ঘুরিয়া যাইতে পারে না।

১৭ নং চিত্র

কোন কোন নির্মাতা সমতল মাথা ও খাড়াই পার্শ্ববিশিষ্ট ফ্ল্যাট বেড [১৭ নং চিত্রের (b)] নির্মাণ করেন। ইহা নির্মাণ করা সর্বাপেক্ষা সোজা। এই প্রকার ফ্ল্যাট বেডে স্যাড্‌ল যাহাতে উপরদিকে উঠিয়া যাইতে না পারে তজ্জন্য ক্যারেজের গায়ে ১৯ নং চিত্রের ন্যায় কীপ প্লেট (keep plate) নামে পরিচিত পাটি এরূপভাবে আঁটা থাকে যে স্যাডলটির উপরদিকে উঠিয়া যাইবার প্রবণতা দেখা দিলে কীপ প্লেটটি স্লাইডিং সারফেসের তলার দিকে ঠেকিয়া যায়। ফলে, স্যাড্‌লটি উঠিয়া যাইতে পারে না। খাড়াই পার্শ্বের জন্য স্যাড্‌লটি অনুভূমিক তলে ঘুরিয়া যাইতে বা আড়াআড়ি দিকে সরিয়া যাইতে পারে না।

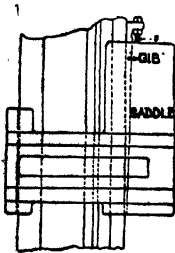
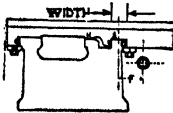
ব্যবহারের ফলে স্লাইডিং বা গাইডিং ফেসের ক্ষয় হওয়ার দরুন স্যাড্‌ল ঢিলা হইয়া যাইলে তাহা ঠিক করিবার জন্য স্যাড্‌ল এবং বেডের মাঝে ১৮ নং চিত্রের ন্যায় টেপার বা ১৬ নং চিত্রের ন্যায় সমান্তরাল জিব (Gib) থাকে। সমান্তরাল জিব অনেকগুলি স্ক্রু দ্বারা অ্যাড্‌জাষ্ট করিতে হয় বলিয়া ইহা ঠিকমত অ্যাড্‌জাষ্ট করা শক্ত। টেপার জিব একটিমাত্র স্ক্রু দ্বারা অ্যাড্‌জাষ্ট করা যায় বলিয়া টেপার জিব অ্যাডজাষ্ট করা অনেক সোজা।

সাধারণ অভিজ্ঞতা হইতে আমরা জানি অপেক্ষাকৃত ছোট ব্যাসের রডের উপর একটি লম্বা স্লীভ যত সহজে এদিক ওদিক সরান যাইবে একটি কম লম্বা রিংকে তত সহজে সরান যাইবে না। অবশ্য ঠিক অক্ষ বরাবর ঠেলিলে রিংটি সহজে যাতায়াত করিত, কিন্তু সাধারণতঃ অক্ষ হইতে দূরে রিংটি ঠেলা হয় বলিয়া রিংটি হেলিয়া গিয়া একটি কাপ্‌ল (Couple)-এর উৎপত্তি করে এবং তাহা রিংটিকে মোচড়াইয়া (Twist) দিবার চেষ্টা করে। ফলে, রিংটি

রডটির গায়ে ঘষ্‌ড়াইতে থাকে। এই মোচড়াইবার শক্তি যত বেশী জায়গায় ছড়াইয়া পড়িবে তত ঘর্ষণ (Friction) কম হইবে।

উপরিউক্ত আলোচনা হইতে ইহা পরিষ্কারভাবে বুঝিতে পারা যায় যে, একটি বস্তু অপর বস্তুর উপর কতটা সহজে যাতায়াত করিবে তাহা নির্ভর করে (1) যাতায়াতকারী বস্তুটি, যাহার উপর যাতায়াত করিতেছে অর্থাৎ স্লাইডিং সারফেসের (Sliding Surface) কতগুণ লম্বা এবং (2) বস্তুটিকে অক্ষের কত কাছাকাছি ঠেলা হইতেছে অর্থাৎ মোচড়াইবার ক্ষমতা (Twisting Couple) কত কম। ইহাকে ইংরাজীতে ন্যারো গাইড প্রিন্সিপ্‌ল (Narrow Guide Principle) অর্থাৎ "সংকীর্ণ পরিচালন নীতি" বলে। সুতরাং লেদ ক্যারেজের ক্ষেত্রে ক্যারেজটি গাইডিং সারফেসের (Guiding Surface) তুলনায় যতটা সম্ভব বেশী লম্বা হওয়া উচিত এবং ক্যারেজকে চালাইবার লিড স্ক্রুটি যতদূর সম্ভব গাইডিং সারফেসের অক্ষের নীচে ও গাইডিং সারফেসের কাছাকাছি করিতে হইবে।

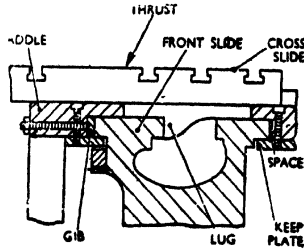
১৬ নং চিত্র লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে গাইডিং সারফেসের অক্ষ ও লিড স্ক্রুর অক্ষের মধ্যে দূরত্ব (F) বড় বেশী এবং স্যাড্‌লের দৈর্ঘ্য গাইডিং সারফেসের প্রস্থের (Width) মোট 1 বা $1\frac{1}{2}$ গুণ। গাইডিং সারফেসের অক্ষ হইতে লিড স্ক্রু দূরে হওয়ায় ধাতু কাটিবার সময় ১৬ নং চিত্রের ন্যায় স্যাড্‌লটির ঘুরিয়া যাইবার প্রবণতা দেখা যায়। ফলে স্যাড্‌লটির কোণাকুণি দুই বিপরীত দিক বেডকে চাপিয়া ধরে। স্যাড্‌লের দৈর্ঘ্য অপেক্ষাকৃত কম হওয়ায় বেড ও স্যাড্‌লের মধ্যে অত্যধিক ঘর্ষণ (Friction) হয় এবং গাইড, লিড স্ক্রু, নাট, অত্যধিক ক্ষইয়া যায়।

১৮ নং চিত্র

পূর্বোক্ত ত্রুটি সকল আংশিক সংশোধিত করিয়া পরে ১৮ নং চিত্রের ন্যায় বেডের আকৃতি করা হয়। গাইডিং সারফেস C ও D-কে কাছাকাছি করিয়া ক্যারেজের দৈর্ঘ্য গাইডিং সারফেসের প্রস্থের তুলনায় অনেক গুণ বেশী করা হইয়াছে এবং গাইডিং সারফেসের অক্ষরেখার সহিত লিড স্ক্রুর অক্ষরেখার দূরত্ব এবং ফলে মোচড় (Twisting Force) কমান হইয়াছে। কিন্তু এই

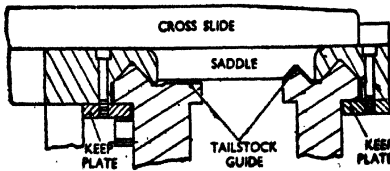
প্রকার আকৃতির একটি প্রধান অসুবিধা হইতেছে যে স্লট S এর মধ্যে নোংরা জমে এবং ইহা পরিষ্কার ও তৈলাক্ত রাখা দুষ্কর।

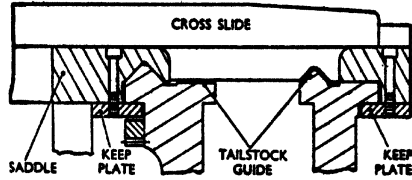
এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য ১৯নং চিত্রের ন্যায় আর একপ্রকার বেড ডিজাইন করা হইয়াছে। এই প্রকার বেডে কেবলমাত্র সম্মুখের স্লাইডটি গাইডের কাজ করে। স্যাড্‌লের নীচের দিকে কাষ্টিং (ঢালাই) খানিকটা উদ্গত অর্থাৎ বাহির হইয়া থাকে। ইংরাজীতে ইহাকে লাগ (Lug) বলে।

লাগ সম্মুখের স্লাইডের পিছন দিকে ঠেকিয়া থাকে। স্লাইডের সম্মুখের দিকে অ্যাড্‌জাষ্টেবল জিব (Gib) থাকে। স্ক্রু দ্বারা জিবটি নিয়মিত (Adjust) করিয়া স্যাড্‌লের আঁট (Tightness) নিয়ন্ত্রণ করা যায়।

১৯ নং চিত্রে লক্ষ্য করিবার যে সম্মুখের স্লাইডটি পশ্চাৎদিকের স্লাইড অপেক্ষা অধিক চওড়া। ধাতু কাটিবার সময় বেডে যে চাপ (Thrust) পড়ে তাহা ১৯নং চিত্রে যেদিকে দেখান হইয়াছে মোটামুটি সেই দিকে পড়ে। এই চাপ গ্রহণ করিবার জন্য সম্মুখের স্লাইড অধিকতর চওড়া হইয়াছে।

১৯ নং চিত্র

ন্যারো গাইড প্রিন্সিপ্‌লকে ঠিকভাবে কার্যকরী করিবার জন্য কেবলমাত্র সম্মুখের স্লাইডটি গাইড হিসাবে ব্যবহার করা হয় এবং পশ্চাতের স্লাইডটির পশ্চাতের খাড়াই দিক ও স্যাড্‌লের পশ্চাতের খাড়াই দিক যাহাতে পরস্পরকে স্পর্শ না করে সেই বিষয়ে নিশ্চিত হইবার জন্য উভয়ের মধ্যে ফাঁক রাখা হয়।

ইনভার্টেড ভি-বেড (Inverted V-Beds) অর্থাৎ উল্টা ভি (Λ) আকৃতি বেড। ইহাকে প্রিজ্‌ম্যাটিক (Prismatic) অর্থাৎ ত্রিশিরা আকৃতি বিশিষ্ট বেডও বলা যায়। আমেরিকানগণ এই প্রকার বেডের বিশেষ পক্ষপাতী। ২০নং চিত্রে ও ২১নং চিত্রে এই প্রকার বেডের দুই রকম গঠন

২০ নং চিত্র

দেখান হইয়াছে। ২০ নং চিত্রে সম্মুখের এবং সর্ব্বাপেক্ষা পশ্চাতের ভি-স্লাইড দুইটি স্যাড্‌লের গাইডের কাজ করে এবং এই দুই গাইডের মধ্যবর্তী একটি ভি এবং একটি ফ্ল্যাট সারফেস টেলষ্টক ও হেডষ্টকের গাইডের

২১ নং চিত্র

কাজ করে। স্যাড্‌লের জন্য এক গাইড এবং হেডষ্টক ও টেলষ্টকের জন্য আলাদা গাইড থাকার ফলে স্যাড্‌লটি উহাদের পাশ দিয়া চলিয়া যাইতে পারে। ফলে, গাইডের প্রস্থের তুলনায় স্যাড্‌ল অনেক বেশী লম্বা করা সম্ভব হয়। ২১ নং চিত্রে কেবলমাত্র সম্মুখের ভি-স্লাইডটি স্যাড্‌লের গাইডের কাজ করে এবং সর্বাপেক্ষা পশ্চাতের ফ্ল্যাট স্লাইডের খাড়াই পার্শ্ব ও স্যাড্‌লের পশ্চাতের খাড়াই পার্শ্ব পরস্পরকে যাহাতে স্পর্শ না করে সেইজন্য উভয়ের মধ্যে খানিকটা ফাঁক রাখা হয়; তবে পূর্বোক্ত উভয় ক্ষেত্রেই স্যাড্‌লটি যাহাতে উপর দিকে উঠিয়া না যায় তজ্জন্য কীপ প্লেটের (Keep Plate) ব্যবস্থা থাকে।

এই প্রকার বেড তৈয়ারি করিতে খরচ অনেক বেশী পড়িলেও ইহার অনেকগুলি সুবিধা আছে। ব্যবহারের ফলে ইহা সমানভাবে ক্ষয় হয় বলিয়া ক্ষয় হওয়ার দরুন বিশেষ ক্ষতি হয় না। স্যাড্‌লটি নিজস্ব ওজনে সকল সময় গাইডিং সারফেসের উপর চাপিয়া বসিয়া থাকায় ইহা আড়াআড়ি দিকে ঢিলা হয় না। ক্ষয়ের দরুন স্যাড্‌লটি কেবলমাত্র একটু নীচে নামিয়া যায় বলিয়া মাঝে মাঝে কীপ প্লেটটি অ্যাড্‌জাষ্ট করিতে হয়। এই প্রকার বেডের আর একটি সুবিধা গাইডের গা ঢালু হওয়ার জন্য এবং স্যাড্‌লটি ইহার উপর চাপিয়া বসিয়া থাকায়, ইহাতে নোংরা একদম জমিতে পারে না। অপরপক্ষে ফ্ল্যাট বেডে ভীষণ নোংরা জমে এবং উহা পরিষ্কার রাখা খুব শক্ত। স্যাড্‌লের আগে আগে ফেল্টের (জমাট পশমী কাপড়) তৈয়ারী ওয়াইপার (Felt Wiper) অর্থাৎ মুছিবার জিনিস ব্যবহার করা হয়। ফলে, নোংরার সূক্ষ্ম কণাও স্যাড্‌ল ও বেডের মধ্যে ঢুকিতে পারে না। ওয়াইপার (Wiper) তেলে ভিজিয়া যাইলে চিন্তার কারণ নাই; কারণ, উহাতে উপকারই হয়। বেডটি সকল সময় তৈলাক্ত থাকে।

গ্যাপ বেড কাহাকে বলে? ইহা থাকার সুবিধা এবং অসুবিধা কি?

যে বেডে হেডষ্টকের সম্মুখে কতকটা অংশ ফাঁকা থাকে, যাহাতে বেডের উপর যত ব্যাসের বস্তু ঘোরান যায় তাহা অপেক্ষা অধিক ব্যাসের বস্তু মেসিনে ঘোরান যায়, তাহাকে গ্যাপ বেড (Gap Bed) বলে। গ্যাপ বেডবিশিষ্ট লেদকে গ্যাপ লেদ বলে।

গ্যাপ বেডের অংশটুকু ফাঁকা থাকিলে হেডষ্টকের কাছ পর্যন্ত টার্ণিং করিবার সময় স্যাড্‌লটির অনেকটা অংশ ঝুলিতে থাকে। ইহা স্যাড্‌ল এবং বেড উভয়ের পক্ষেই ক্ষতিকর। ফাঁকা অংশটুকু যদি সরান যায় এরূপ ছোট বেডের অংশ দ্বারা ভরান থাকে, তাহা হইলে হেডষ্টকের কাছ পর্যন্ত টার্ণিং করিতে হইলে স্যাড্‌লের খানিকটা অংশ ঝোলে না বটে, কিন্তু ইহার অসুবিধা হইতেছে যে বেডের এই অংশটুকু একবার সরাইবার পর পুনরায় ফিট করিলে পূর্বের ন্যায় আর নিখুঁত হয় না। এইজন্য গ্যাপ বেড ইংরাজগণ পছন্দ করিলেও আমেরিকানগণ ইহা কোনদিন পছন্দ করেন না।

পূর্বোক্ত দোষসকল যাহাতে না থাকে এবং গ্যাপবেডের সুবিধা ভোগ করা যায় এই উদ্দেশ্যে বর্তমানে এক প্রকারের মেসিন তৈয়ারি করা হয়। এই প্রকার মেসিন হেডষ্টক ছাড়া সম্পূর্ণ লেদ বেডটি একটি দ্বিতীয় গাইডের উপর বসান থাকে এবং প্রয়োজন বোধে সম্পূর্ণ বেডটি তলার স্লাইডের উপর আগান বা পিছান যায়।

লেদ বেড কি ধাতুর তৈয়ারী?

লেদ বেড গ্রে-কাষ্ট আয়রণের তৈয়ারী হইয়া থাকে। মাঝে কাষ্ট আয়রণের বেডের উপর হার্ডেনিং (Hardening) করা ষ্টীলের স্লাইড আঁটিয়া বেডের ক্ষয় কমাইবার চেষ্টা হইয়াছিল, কিন্তু উহা জনপ্রিয়তা অর্জন করিতে পারে নাই; লেদ মেসিন নির্মাতাগণ কাষ্ট-আয়রণের ক্ষয় রোধক ক্ষমতা বাড়াইয়া বেডের আয়ু বাড়াইবার চেষ্টা সকল সময় করিয়া আসিতেছেন। ঢালাইয়ের সময় বেডের স্লাইডিং সারফেসের (Sliding Surface) অংশটুকু চিলিং (Chilling) পদ্ধতি দ্বারা (দ্রুত ঠাণ্ডা করিয়া) অত্যন্ত শক্ত করিয়া বেডের ক্ষয় কমাইবার একটি পন্থা প্রচলিত আছে। লেদ বেডের গাইডিং সারফেস শক্ত করিবার বর্তমানে সর্বাপেক্ষা প্রচলিত পদ্ধতি হইতেছে ফ্লেম হার্ডেনিং (Flame Hardening)। এই পদ্ধতি খুবই ফলপ্রদ; কোন কোন মেসিন নির্মাতা দাবি করেন যে তাঁদের কাষ্ট

আয়রণ বেডের ফ্রেম হার্ডনিং করা অংশের টুকরা এত শক্ত যে তাহা ধাতু কাটিবার বাটালি হিসাবে ব্যবহৃত হইয়াছে।

লেদ বেড কিরূপে ফিনিস হয়?

অধিকাংশ লেদ মেসিনের বেডের মাপ ও আকৃতি প্লেনিং মেসিনে করা হয়, তবে ছোট ছোট বেঞ্চ লেদের বেড সময় সময় একসঙ্গে মিলিং মেসিনে চাপাইয়া কাটা হয়। এই প্লেনিং বা মিলিং করার পর বেড ব্যবহারের উপযুক্ত হয় না। ইহাকে আরো সূক্ষভাবে ফিনিস (Finish) করিতে হয়।

এক সময় একমাত্র হাতে স্ক্র্যাপিং (Scraping) করিয়াই লেদ বেড ফিনিস করা হইত। এই প্রকার ফিনিস অত্যন্ত খরচ ও সময় সাপেক্ষ ও ইহা করিতে অত্যন্ত দক্ষ কারিগরের প্রয়োজন। এখনও অনেক ব্যবহারকারী এই প্রকার ফিনিসই সর্বাপেক্ষা পছন্দ করেন। তাহার কারণ, স্ক্র্যাপিং ফিনিসে যে বিশেষ এক প্রকারের দাগ হয় তাহা আসলে ছোট ছোট টোলের (Depression) দাগ। তাঁহারা মনে করেন এই টোলে লুব্রিকেটিং অয়েল (Lubricating Oil) আটকাইয়া থাকে; ফলে স্যাড্‌ল এবং বেডের মধ্যে শুষ্ক ধাতুতে ধাতুতে ঘর্ষণ হয় না। কিন্তু এই প্রকার ফিনিস করিতে যে তুলনায় খরচ পড়ে সেই তুলনায় এই প্রকার ফিনিসের স্বপক্ষে পূর্বোক্ত যে যুক্তি দেখান হয় তাহা টেকে না। একদম নতুন মেসিন মাত্র ছয় মাস ব্যবহার করিলেই স্ক্র্যাপিং-এর দাগ সম্পূর্ণ উঠিয়া যায়। ইহা ছাড়া অনেক মেসিন নির্মাতা মেসিনের দাম বেশী লইবার জন্য ভূয়া স্ক্র্যাপিং-এর দাগ লেদ বেডে করেন। সকল সময় মনে রাখা দরকার সস্তা দামের মেসিনে কখনই হাতে স্ক্র্যাপিং হইতে পারে না। এই প্রকার ফিনিসের সর্বাপেক্ষা অসুবিধা এই যে, হাতে কাটিতে হয় বলিয়া বেড খুব শক্ত করা যায় না। ফলে, ক্ষয় শীঘ্র হয়।

বর্তমানে গ্রাইণ্ডিং করিয়া লেদ বেড ফিনিস করা হয়। ইহার একটি প্রধান সুবিধা এই যে, গ্রাইণ্ডিং হইলে ফিনিস হয় বলিয়া লেদ বেড অনেক বেশী শক্ত (Hardened) করিতে পারা যায়।

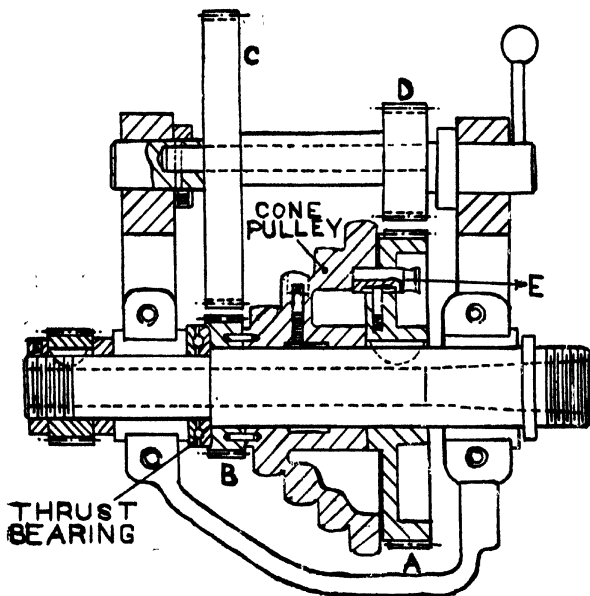
লেদ বেড নির্বাচন

লেদ বেড নির্বাচন ব্যয় করিবার ক্ষমতার উপর বহুলাংশে নির্ভরশীল। কিনিবার ক্ষমতা থাকিলে ভি-টাইপ বেড বিশিষ্ট লেদ নিঃসন্দেহে ভাল। কিন্তু এই প্রকার লেদ কিনিবার সময় আর একটি বিষয় খেয়াল রাখা দরকার,

ব্যবহারের ফলে মেসিনটির ক্ষয় হইলে, যে শপের (shop) জন্য মেসিনটি কেনা হইতেছে সেই শপের তাহা মেরামত (Repair) করিবার মত মেশিনারী এবং দক্ষ লোক আছে কিনা। সাধারণ ছোট কারখানার পক্ষে ফ্ল্যাট বেড লেদই অধিক সুবিধাজনক। কারণ, ইহার বেডের ক্ষয় হইলে গ্রাইণ্ডিং মেসিনে বা হাতে স্ক্র্যাপিং করিয়া ইহাকে মেরামত করা ভি-বেড অপেক্ষা অনেক সোজা। ইহা ছাড়া আর একটি কারণ হইতেছে ইংলিশ কাষ্ট আয়রণ ইউরোপের অন্যান্য দেশ বা আমেরিকার কাষ্ট আয়রণ অপেক্ষা অনেক বেশী শক্ত। ফলে, ফ্ল্যাট বেডবিশিষ্ট ইংলিশ লেদ বিনা মেরামতে অন্যান্য দেশের লেদ অপেক্ষা অনেক বেশী দিন চলে, যাহা ছোট ছোট কারখানার পক্ষে একান্ত প্রয়োজন।

হেডষ্টক (Headstock)

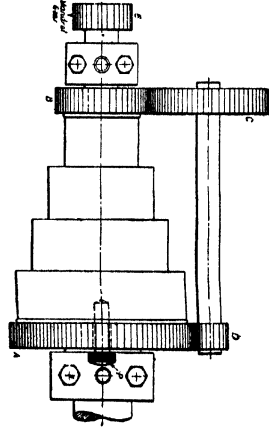
হেডষ্টক কাষ্ট আয়রণের তৈয়ারী হয় ও স্পিণ্ডলটি ধরিবার জন্য ইহার দুইদিকে দুইটি বিয়ারিং থাকে। যে লেদের স্পিণ্ডল নিরেট অর্থাৎ ফাঁপা নয় তাহাকে সলিড স্পিণ্ডল লেদ (Solid Spindle Lathe) বলে। যে মেসিনে স্পিণ্ডলটির মধ্যে বরাবর গর্ত থাকে, যাহাতে প্রয়োজন হইলে ইহার মধ্য দিয়া রড প্রবেশ করান যায়, তাহাকে হলো স্পিণ্ডল লেদ (Hollow Spindle Lathe) বলে। এই গর্তের সম্মুখের দিকটা টেপার (Taper) থাকে। এই টেপারে এডাপটার (Adapter) লাগান হয় এবং এডাপটারের টেপারে লাইভ সেণ্টার (Live Center) আটকান হয়। হেডষ্টক স্পিণ্ডলের মুখের দিকে চাক আটকাইবার জন্য থ্রেড কাটা থাকে। হেডষ্টক সাধারণতঃ দুই প্রকারের হইয়া থাকে—1. কোণ পুলি টাইপ (Cone Pulley Type) ও 2. অলগিয়ার হেড টাইপ (All Gear Head Type)

কোণ পুলি টাইপ হেডষ্টকের গঠনপ্রণালী :—হেডষ্টকের দুই পার্শ্বের দুই বিয়ারিং স্পেশাল অ্যালয় ষ্টীল (Special Alloy Steel) নির্মিত হেডষ্টক স্পিণ্ডলটি ধরিয়া রাখে। কোণ পুলির সহিত পিছনের গিয়ার (Rear Gear) B (২২ নং চিত্র) স্থায়ীভাবে আঁটা থাকে এবং ইহারা কোনরূপভাবে স্পিণ্ডলের সহিত আঁটা না থাকায় স্পিণ্ডলের উপর আলগাভাবে ঘুরিতে পারে। বুলগিয়ার (Bull Gear) বা ফেস গিয়ার (Face Gear) A

২২ নং চিত্র—ষ্টেপকোণ পুলি টাইপ হেডষ্টক

স্পিণ্ডলের সহিত চাবির দ্বারা আটকান থাকে, ফলে বুলগিয়ার ঘুরিলে হেডষ্টক স্পিণ্ডলও ঘোরে। বুলগিয়ারের (Bull Gear) সহিত এমনিতে কোণ পুলির কোন যোগ নাই কিন্তু প্লানজার পিন (Plunger Pin) বা লক পিন (Lock Piu) E দ্বারা প্রয়োজন হইলে উভয়কে যুক্ত করা যায় যাহাতে ইহাদের একটি ঘুরিলে অপরটি ঘোরে। ব্যাকগিয়ার (Back Gear) C এবং D একটি বিকেন্দ্রিক (Eccentric) বিয়ারিং (Bearing) বিশিষ্ট সাফটের উপর কুয়িলে* (Quill) অবস্থিত থাকে। ব্যাকগিয়ারের হ্যাণ্ডলটি আগাইয়া বা পিছাইয়া ইহাদিগকে ফ্রন্ট গিয়ার A এবং B-এর সহিত যুক্ত বা বিচ্ছিন্ন করিতে পারা যায়।

হেডষ্টকের ষ্টেপকোণ পুলি হইতেছে চালিত (Driven) পুলি আর কাউণ্টার সাফটের ষ্টেপকোণ পুলি হইতেছে চালক (Driver) পুলি। একটি

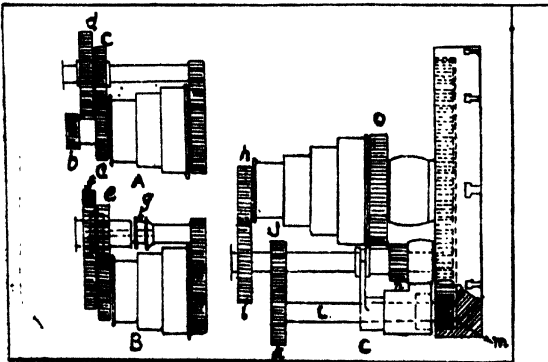
* কুয়িল (Quill)—ইহা একটি ফাঁপ স্লীভ (Sleeve) যাহা সাফটের উপর ঘোরে এবং যাহার উপর পুলি, গিয়ার, ক্লাচ (Clutch) প্রভৃতি বসান থাকে।

বেল্টের দ্বারা উভয়কে যুক্ত করিয়া কাউণ্টার সাফ্‌ট পুলির গতি হেডষ্টক ষ্টেপকোণ পুলিতে (Step Cone Pulley) চালনা করা হয়। ব্যাক গিয়ারকে ফ্রণ্ট গিয়ার A এবং B হইতে আলাদা করিয়া রাখিয়া এবং বুলগিয়ার A-কে প্লানজার পিন (Plunger pin) E দ্বারা কোণ পুলির সহিত যুক্ত করিয়া যদি হেডষ্টক কোণ পুলিকে ঘোরান যায় তাহা হইলে বুলগিয়ার ঘুরিবে। এইভাবে ব্যাক গিয়ার ব্যতিরেকে বুলগিয়ারকে কোণ পুলির সহিত প্লানজার পিন দ্বারা আঁটিয়া স্পিণ্ডলকে যে সোজাসুজি ঘোরান হয় তাহাকে সোজাসুজি বা ডিরেক্ট (Direct) স্পীড (Speed) অথবা ব্যাক গিয়ার ছাড়া (Back Gear out) বলে। চার ধাপ বিশিষ্ট হেডষ্টক কোণ পুলির এক একটি ধাপের সহিত উহার

২৩ নং চিত্র

সোজাসুজি কাউণ্টার সাফ্‌ট পুলির এক একটি ধাপ বেল্ট দ্বারা যুক্ত করিয়া আমরা চারিটি ডিরেক্ট স্পীড পাইতে পারি। আবার প্লানজার পিন E-কে তুলিয়া লইয়া বুল হুইলকে কোণ পুলি হইতে আলাদা করিয়া লইয়া ব্যাক গিয়ারের মাধ্যমে স্পিণ্ডলকে ঘোরান যায়। এই প্রকারে যে গতি পাওয়া যায় তাহাকে পরোক্ষ বা ইনডিরেক্ট স্পীড (Indirect Speed) অথবা ব্যাক গিয়ার লাগান (Back Gear in) বলে। এইভাবেও পূর্বের ন্যায় পুলির বিভিন্ন ধাপে বেল্ট দিয়া চারিটি পরোক্ষ গতি (Indirect Speed) পাওয়া যায়। এইভাবে চারিটি ধাপ বিশিষ্ট কোণ পুলি হইতে মোট আটটি গতি পাওয়া যায়। ব্যাক গিয়ার মাধ্যমে যখন স্পিণ্ডল ঘোরান হয় তখন কোণ পুলি, গিয়ার B-কে ঘোরায় (গিয়ার B কোণ পুলির সহিত স্থায়ীভাবে আঁটা থাকায়)। গিয়ার B গিয়ার C-কে ঘোরায়। গিয়ার C এবং D একই কুয়িলে (Quill) অবস্থিত হওয়ায় গিয়ার D-ও ঘোরে। গিয়ার D বুলগিয়ার A-এর সহিত যুক্ত থাকায় বুলগিয়ার ঘোরে। আবার বুলগিয়ার চাবি দ্বারা স্পিণ্ডলের সহিত যুক্ত থাকায় স্পিণ্ডলটি ঘোরে। এইভাবে ব্যাকগিয়ারের মাধ্যমে স্পিণ্ডলকে ঘোরান হয়।

B এবং D আর A এবং C সমান সংখ্যক দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার। আবার B এবং D গিয়ার হইতে A এবং C গিয়ার বড়। মনে করা যাক, B এবং D 40 দাঁতবিশিষ্ট ও A এবং C 100 দাঁতবিশিষ্ট। সুতরাং B যদি 25 পাক ঘোরে C 10 পাক ঘুরিবে। C 10 পাক ঘুরিলে D-ও 10 পাক ঘুরিবে। D 10 পাক ঘুরিলে A 4 পাক ঘুরিবে। গিয়ার A চাবি দ্বারা স্পিণ্ডলের সহিত যুক্ত থাকায় স্পিণ্ডলও 4 পাক ঘুরিবে। সুতরাং দেখা যাইতেছে ব্যাকগিয়ার মাধ্যমে স্পিণ্ডল ঘোরান হইলে কোণ পুলি বা গিয়ার B 25 পাক ঘুরিলে গিয়ার A অর্থাৎ স্পিণ্ডল 4 পাক ঘুরিবে। এইভাবে ব্যাক গিয়ারের মাধ্যমে মেসিন স্পীড কমান হইয়া থাকে।

ডবল ব্যাকগিয়ার এবং ট্রিপ্‌ল ব্যাক-গিয়ার ব্যবহারের কারণ কি এবং উহা কিরূপে কাজ করে?

ডবল বা ট্রিপ্‌ল ব্যাক গিয়ার (Double or Triple Back Gear) ব্যবহারের কারণ প্রধানতঃ দুইটি। প্রথমতঃ ইহা স্পীডের সংখ্যা বাড়ানর উদ্দেশ্যে করা হয়। যেমন, তিন ধাপবিশিষ্ট কোণ পুলি থাকিলে সাধারণ ব্যাক-গিয়ার ব্যবস্থায় ছয়টি স্পীড পাওয়া যায়। কিন্তু ডবল ব্যাক-গিয়ার

২৪ নং চিত্র

থাকিলে নয়টি স্পীড পাওয়া যাইবে। ইহার দ্বিতীয় উদ্দেশ্য হইতেছে স্পীডের সংখ্যা না কমাইয়া মেসিনের ক্ষমতা বৃদ্ধি করা। ব্যাক-গিয়ার না দিয়া মেসিনের ক্ষমতা বৃদ্ধি করিতে গেলে ষ্টেপ কোণ পুলির ধাপগুলি চওড়া করিতে হইবে ও বেল্ট চওড়া লাগাইতে হইবে। নির্দিষ্ট মাপের

হেডষ্টকে ষ্টেপ কোণ পুলির ধাপ চওড়া করিতে হইলে কোণ পুলির ধাপ কমাইতে হইবে, কাজেই স্পীডের সংখ্যা কমিয়া যাইবে। (২৪ নং চিত্র)

ডবল ব্যাক গিয়ার দুইপ্রকারের হয়। একটিতে স্লাইডিং গিয়ার (Sliding Gear) ব্যবস্থা থাকে অপরটিতে ফ্রিক্‌সন ক্লাচের (Friction Clutch) ব্যবস্থা থাকে। এই দুই টাইপে কোণ পুলির বাঁ-দিকে দুইটি গিয়ার থাকে এবং ব্যাক-গিয়ার সাফ্‌টকে দুইটি বিভিন্ন গতিতে ঘোরাইবার ব্যবস্থা থাকে।

২৪ নং চিত্রের A-তে স্লাইডিং গিয়ার টাইপ ডবল ব্যাক গিয়ার দেখান হইয়াছে। ষ্টেপ কোণ পুলির পিছনে a এবং b দুইটি গিয়ার ষ্টেপ কোণ পুলির সহিত আটকান আছে। ফলে, কোণ পুলি ঘুরিলে a এবং b ঘোরে। d ও c ব্যাক-গিয়ার সাফ্‌টের উপর অবস্থিত স্লাইডিং গিয়ার। a-এর সহিত c-কে যুক্ত করিয়া ব্যাক-গিয়ার সাফ্‌টের একটি গতি পাওয়া যায় এবং c-এর সহিত d-কে যুক্ত করিয়া ব্যাক-গিয়ার সাফ্‌টের আর একটি গতি পাওয়া যায়।

B-তে ফ্রিক্‌সন ক্লাচ* টাইপ ডবল ব্যাক্-গিয়ার দেখান হইয়াছে। একটি লিভার দ্বারা কলার (Collar) g-কে সরাইলে, g-এর অর্থাৎ লিভারের অবস্থান অনুযায়ী উহা ব্যাক-গিয়ার সাফ্‌টকে ক্লাচ দ্বারা গিয়ার f অথবা গিয়ার e-এর সহিত যুক্ত করে। এইরূপে ব্যাক-গিয়ার সাফ্‌টকে দুইটি বিভিন্ন গতিতে ঘোরান হয়।

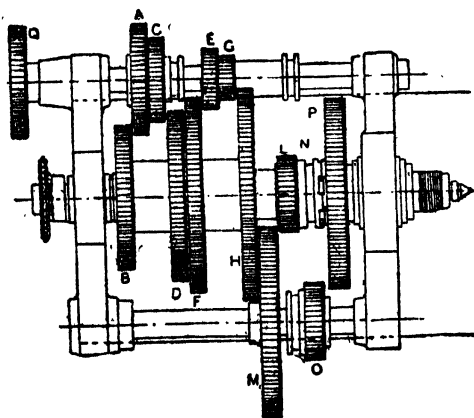
যে হেডষ্টকে দুইটি ব্যাক-গিয়ার সাফ্‌ট থাকে এবং ব্যাক-গিয়ারের একটি পিনিয়ন সোজাসুজি ফেস প্লেটের ইণ্টারনাল গিয়ারের সহিত যুক্ত থাকে, তাহাকে ট্রিপ্‌ল ব্যাক গিয়ারবিশিষ্ট হেডষ্টক বলে। ট্রিপ্‌ল ব্যাক-গিয়ারবিশিষ্ট হেডষ্টক বহু রকমের হয় এবং এই প্রকার ব্যবস্থায় স্পীড যে সকল সময় তিনগুণ হইবে তাহাও নয়। C-তে ট্রিপল ব্যাক গিয়ারের একটি চালু ব্যবস্থা দেখান হইয়াছে।

গিয়ার h ও i-এর মাধ্যমে প্রচলিত ব্যাক গিয়ার সাফ্‌টটি ঘোরে এবং গিয়ার j ও k-র সাহায্যে সাফ্‌ট L ঘোরে। সাফ্‌ট L-এর এক প্রান্তে অবস্থিত পিনিয়ন m ফেস প্লেটের অভ্যন্তরস্থ গিয়ারের সহিত যুক্ত থাকে। পিনিয়ন

---

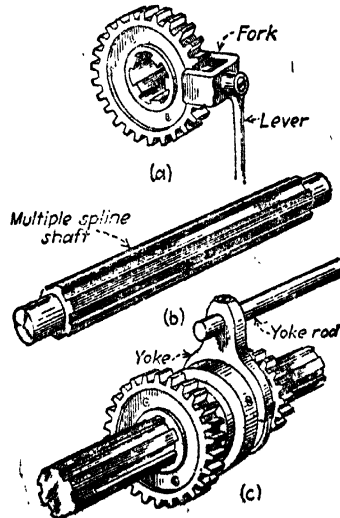
* ফ্রিক্‌সন ক্লাচ (Friction Clutch)—সিম্পল ফ্রিকসন্ ক্লাচে একটির মোচাকৃতি (Cone) টেপার অংশ অপরটির কাপ আকৃতির টেপার অংশে ফিট করে। ফলে পরস্পরকে চাপিয়া ধরিলে একটি ঘুরিলে অপরটি ঘোরে।

m-কে ফেস প্লেটের অভ্যন্তরস্থ গিয়ার হইতে আলাদা করিবার জন্য একটি লিভারের সাহায্যে সাফ্‌ট L-কে পাশের দিকে সরান হয়। ফলে, পিনিয়ন m ফেস প্লেটের অভ্যন্তরস্থ গিয়ার হইতে এবং গিয়ার k পিনিয়ন j হইতে ছাড়িয়া যায়; কিন্তু সাফ্‌ট L-কে পাশের দিকে সরাইলে পিনিয়ন n গিয়ার o-এর সহিত যুক্ত হয় এবং তখন হেডষ্টকটি সাধারণ ব্যাক-গিয়ারবিশিষ্ট হেডষ্টকের ন্যায় ঘুরিতে থাকে। ট্রিপ্‌ল ব্যাকগিয়ারবিশিষ্ট হেডষ্টকে প্রচলিত ব্যাক-গিয়ারের ন্যায় যে সাফ্‌টটি থাকে তাহা প্রচলিত পন্থায় বিকেন্দ্রিকভাবে বুসে অবস্থিত থাকে।

অলগিয়ার হেড (All Gear Head) :—অল গিয়ার হেড সাধারণতঃ চারি প্রকারের হইয়া থাকে। যথা—1. স্লাইডিং কি (Sliding Key) 2. ক্লাচ্‌ড গিয়ার (Clutched Gear) 3. স্লাইডিং গিয়ার 4. কম্‌বিনেসন (Combination)—উপরিউক্ত তিনপ্রকার পদ্ধতির একত্রযোগে।

২৫ নং চিত্র—অল গিয়ার হেড টাইপ হেডষ্টক

উপরিউক্ত চারি প্রকারের গিয়ার হেডের মধ্যে স্লাইডিং গিয়ার টাইপ হেডষ্টকে অধিক সংখ্যক স্পীড পাওয়া যায় এবং সঙ্গে সঙ্গে ইহা নির্ভরযোগ্য ও সরল হাওয়ায় ইঞ্জিন লেদে এই প্রকারের গিয়ার হেডের প্রচলন সর্বাপেক্ষা বেশী। সেইজন্য এইস্থানে কেবলমাত্র স্লাইডিং গিয়ার টাইপ হেডষ্টক বর্ণনা করা হইয়াছে।

২৫ নং চিত্রে স্লাইডিং গিয়ার টাইপ হেডষ্টক দেখান হইয়াছে। ইহাতে

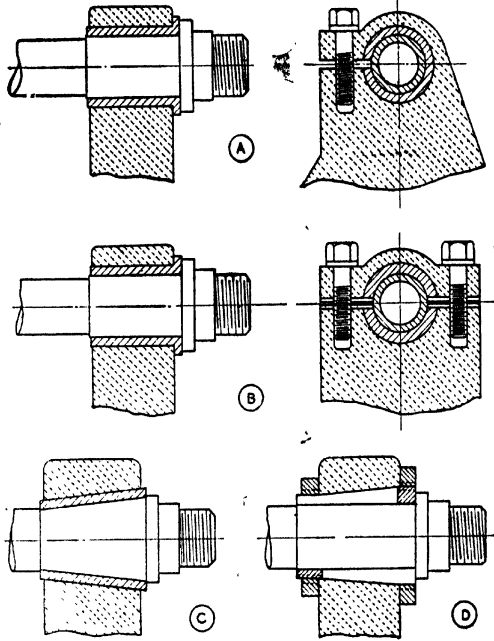
২৬ (b) চিত্রের ন্যায় দেখিতে একটি মাল্টিপ্‌ল-স্প্লিন্‌ড সাফ্‌টে A-C এবং E-G দুইজোড়া গিয়ার বসান। পূর্বে মাল্টিপ্‌ল-স্প্লিন্‌ড সাফ্‌টের ন্যায় একাধিক চাবির ঘাটের (Key-way) পরিবর্তে গিয়ারগুলি এক চাবির ঘাটবিশিষ্ট সাফ্‌টে বসান থাকিত। কিন্তু আধুনিক যন্ত্রে গিয়ার মাধ্যমে অনেক অধিক শক্তি (Power) চালান (Transmit) দিতে হয় বলিয়া গিয়ারগুলিকে একাধিক চাবির ঘাটবিশিষ্ট সাফ্‌ট (Multiple-splined Shaft) দ্বারা ঘোরান হয় এবং গিয়ারগুলি হিট্‌ট্রিট্‌মেণ্ট করা অ্যালয় ষ্টীলের (Heat treated alloy steel) তৈয়ারী হয়। A-C এবং E-G এই দুইজোড়া গিয়ারকে ২৬ (a) চিত্রের ন্যায় ফর্ক (Fork) এবং লিভার (Lever) সাহায্যে বা ২৬ (c) চিত্রের ন্যায় ইয়ক (Yoke) এবং ইয়ক রডের (Yoke-Rod) সাহায্যে সরাইয়া A গিয়ারকে B গিয়ারের সহিত বা C গিয়ারকে D গিয়ারের সহিত বা E গিয়ারকে F গিয়ারের সহিত বা G গিয়ারকে H গিয়ারের সহিত লাগান যায়। A-C গিয়ার জোড়াকে সরাইবার জন্য একটি লিভার ও E-G গিয়ার জোড়াকে সরাইবার জন্য আর একটি লিভার হেডষ্টকের গায়ে সুবিধামত স্থানে থাকে। B, D, F, H এবং L গিয়ারগুলি হেডষ্টক স্পিণ্ডলে অবস্থিত একটি কুয়িলে (Quill) আঁটা থাকে। ফলে, ষ্টেপ কোণ পুলির ন্যায় ইহারা স্পিণ্ডলের উপর আল্‌গাভাবে ঘুরিতে পারে। গিয়ার P কোণ পুলি হেডের বুল-গিয়ারের ন্যায় স্পিণ্ডলের সহিত চাবি দ্বারা আটকান থাকে। গিয়ার M এবং O তৃতীয় একটি সাফ্‌টে চাবির দ্বারা আটকান থাকে এবং ইহারা ব্যাক-গিয়ারের কাজ করে। স্পিণ্ডলটি ঘোরাবার জন্য গিয়ার Q-কে মোটরের

২৬ নং চিত্র

(Motor) আর্মেচার সাফটে অবস্থিত পিনিয়নের সহিত যুক্ত করিয়া ঘোরান হয়। গিয়ার Q মাল্টিপ্‌ল-স্পিণ্ড সাফ্‌টে অবস্থিত থাকায় মাল্টিপ্‌ল স্পিণ্ড সাফ্‌টি ঘুরিতে আরম্ভ করে, ফলে A,C,E এবং G গিয়ারও ঘোরে। হেডষ্টকের বাহিরের দিকে অবস্থিত একটি লিভার দ্বারা G গিয়ারকে H গিয়ারের সহিত যুক্ত করিলে স্পিণ্ডলের উপর অবস্থিত কুয়িলটি সর্বাপেক্ষা আস্তে ঘুরিতে থাকে। কারণ স্লাইডিং গিয়ার সকলের মধ্যে G সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র এবং কুয়িলে অবস্থিত গিয়ার সকলের মধ্যে H সর্ববৃহৎ। G এবং H-এর পরিবর্তে E এবং F-কে যুক্ত করিলে কুয়িলটি পূর্বাপেক্ষা জোরে ঘুরিতে থাকে। C এর সহিত D কে যুক্ত করিলে আরো জোরে ঘুরিবে। আর A-এর সহিত B-কে যুক্ত করিয়া কুয়িলটিকে ঘোরাইলে কুয়িলটি সর্বাপেক্ষা জোরে ঘুরিবে। কারণ, স্লাইডিং গিয়ারগুলির মধ্যে A সর্বাপেক্ষা বৃহৎ ও কুয়িলে অবস্থিত গিয়ারগুলির মধ্যে B সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র। কুয়িলটি যখন ঘুরিতে থাকে তখন যদি ক্লাচ N দ্বারা কুয়িলটিকে গিয়ার P-এর সহিত যুক্ত করা যায় তাহা হইলে গিয়ার P স্পিণ্ডলের সহিত চাবি দ্বারা আঁটা থাকায় স্পিণ্ডলও ঘুরিতে থাকে। এইভাবে ক্লাচ N দ্বারা কুয়িলকে গিয়ার P অর্থাৎ স্পিণ্ডলের সহিত যুক্ত করিয়া স্পিণ্ডলকে কুয়িলের পূর্বোক্ত চারিটি গতি দেওয়া যায়। আবার যদি কুয়িলকে ক্লাচ N দ্বারা সরাসরি গিয়ার P-এর সহিত যুক্ত না করিয়া গিয়ার L-কে গিয়ার M ও গিয়ার O-কে গিয়ার P এর সহিত যুক্ত করিয়া কোণ পুলি হেডের ব্যাক-গিয়ারের ন্যায় স্পিণ্ডলকে ঘোরান হয়, তাহা হইলে কুয়িল যে গতিতে ঘুরিবে স্পিণ্ডল তাহা অপেক্ষা অনেক কম গতিতে ঘুরিবে। এইভাবে কুয়িলের চারিটি গতি স্পিণ্ডলে সরাসরি না পাঠাইয়া M এবং O ব্যাক-গিয়ারদ্বয়ের মাধ্যমে পাঠাইয়া স্পিণ্ডলে আরো চারিটি গতি পাওয়া যায়। ফলে, স্পিণ্ডলের চারিটি সোজাসুজি (Direct) ও চারিটি পরোক্ষ (Indirect) মোট আটটি গতি পাওয়া যায়।

হেডষ্টক বিয়ারিং (Headstock Bearing)

হেডষ্টক বিয়ারিং অসংখ্য প্রকারের নির্মিত হইয়া থাকে, তন্মধ্যে অধিক প্রচলিত কয়েকটি সম্বন্ধে নিম্নে আলোচনা করা হইল।

সাধারণতঃ অল্প মূল্যের লেদ মেসিন ২৭A নং চিত্রের ন্যায় বিয়ারিং দেখা যায়। একটি ব্রোঞ্জের বুশের একপার্শ্ব লম্বাদিকে বরাবর চেরা থাকে এবং বুশটি

(A) হাফ স্প্লিট বিয়ারিং (B) স্প্লিট প্যারালাল বিয়ারিং (C) কণিক্যাল বিয়ারিং (D) প্যারালাল বোর এক্সটারনাল কোণ বিয়ারিং।

২৭ নং চিত্র

হেডষ্টকে হাউসিং-এর গোলাকৃতি গর্তের মধ্যে বসান থাকে। হাউসিংটিরও একপার্শ্ব লম্বাদিকে বরাবর চেড়া থাকে। একটি স্ক্রু দ্বারা বিয়ারিং-এর আঁট নিয়ন্ত্রণ (Adjust) করা হয়। এই প্রকার বিয়ারিং হাফ স্প্লিট বিয়ারিং (Half Split Bearing) নামে পরিচিত। এই প্রকার বিয়ারিং খুব দীর্ঘস্থায়ী হয় এবং সন্তোষজনক কাজ দেয়, কিন্তু ইহার প্রধান দুইটি অসুবিধা হইতেছে যে, ক্ষয়ের দরুন মিল (Alignment) নষ্ট হইয়া যাইলে পুনরায় মিল করা খুব শক্ত। দ্বিতীয়তঃ খুব সাবধানে এই বিয়ারিং অ্যাড্জাষ্ট না করিলে স্ক্রু যে পার্শ্বে থাকে তাহার বিপরীত পার্শ্বে ফাটল ধরে।

২৭B নং চিত্রের ন্যায় দেখিতে স্প্লিট প্যারালাল বিয়ারিং-এর (Split Parallel Bearing) হাউসিং ও বুস উভয়ই অনুভূমিক সমতলে (Horizontal Plane) সম্পূর্ণ দুইটি আলাদা অংশে বিভক্ত। ক্যাপকে (Cap) অর্থাৎ হাউসিং এর উপরের অংশকে সম্পূর্ণ আলাদা করিয়া ফেলা

যায়, আর নীচের অংশ হেডষ্টকের বডির অংশ। হাউসিং ও বুসের দুই অর্ধাংশের মধ্যে দুই হাজার (0·002 ইঞ্চি) করিয়া পুরু কতকগুলি ব্রাসের পাত একত্রে আঁটিয়া দেওয়া হয়। বিয়ারিংটি দুইটি স্ক্রু দ্বারা অ্যাডজাষ্ট করা হয়।

বিয়ারিংটি ক্ষয় হইয়া যাইলে হাউসিং কোনরূপ মেসিন না করিয়াই বুসটি বদল করা চলে। এই প্রকার বুস বাজারে কিনিতে পাওয়া যায়। বুসের ভিতর দিকে ঘর্ষণ রোধক (Anti-Friction) একপ্রকার ধাতুর আস্তরণ থাকে এবং উহা অত্যন্ত মসৃণভাবে ফিনিস করা থাকে। ফলে, উহার মধ্যে যখন গ্রাইণ্ডিং মেসিনে অত্যন্ত মসৃণভাবে ফিনিস করা স্পিণ্ডলটি ঘোরে, তখন ঘর্ষণজনিত ক্ষয় খুবই কম হয় এবং বিয়ারিংটি বিশেষ উত্তপ্ত হয় না।

এই প্রকার বিয়ারিং-এর একটি সুবিধা হইতেছে যে ইহাতে অতি সহজে বিয়ারিং ও স্পিণ্ডলের মধ্যে 'রানিং ক্লিয়ারেন্স' কমান বাড়ান যায়। বোল্ট দুইটি আলগা করিলে ক্লিয়ারেন্স বাড়িবে ও ব্রাসের পাতের সমষ্টি (Packing Shim) হইতে এক একটি পাত ছাড়াইয়া ক্লিয়ারেন্স কমান হয়।

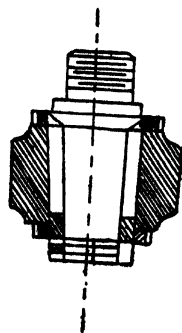
অত্যন্ত সূক্ষ্ম এবং অত্যন্ত দ্রুত ঘোরে এরূপ মেসিন ছাড়া অন্যান্য মেসিনে এই প্রকার বিয়ারিং অত্যন্ত সন্তোষজনক কাজ দেয়। কিন্তু ইহাতে তৈল (Lubricating Oil) দিবার ভাল ব্যবস্থা না থাকায় মেসিন দ্রুত ঘুরিলে বুসটি খুব উত্তপ্ত হইয়া উঠে। ফলে, বুসটি বড় হইয়া হাউসিং-এর গায়ে চাপিয়া যায়। তখন বোল্ট দু'টি আলগা করিয়া 'রানিং ক্লিয়ারেন্স' বাড়াইতে হয়। কিন্তু ঘণ্টা কয়েক চলিবার পর যখন হাউসিং উত্তপ্ত হইয়া বাড়িয়া যায়, তখন পুনরায় বোল্ট টাইট দিতে হয়। স্প্লিট প্লেন বিয়ারিং-এ ড্রিপ ফিড টাইপ (Drip Feed Type) তৈল দিবার ব্যবস্থা করা উচিত। এই ব্যবস্থায় একটি পাত্রে তৈল থাকে ও উহা বিয়ারিং-এ ফোঁটা ফোঁটা চোঁয়াইয়া পড়ে। স্পিণ্ডল গরম হইয়া যাইলে এই চোঁয়ানর হার বাড়াইয়া স্পিণ্ডলকে ঠাণ্ডা রাখা যায়।

২৭C নং চিত্রে প্রদর্শিত কনিক্যাল বিয়ারিং অর্থাৎ শঙ্কু বা মোচাকৃতি বিয়ারিং খুব সরল আকৃতিবিশিষ্ট, কিন্তু ইহাতে খুব উচ্চশ্রেণীর ধাতু ব্যবহার করা হয় বলিয়া এবং ফিনিস খুব মসৃণ ও ফিটিং খুব ভাল করিতে হয় বলিয়া ইহাতে খরচ খুব বেশী পড়ে। তবে ইহা আশ্চর্যজনক সুন্দর কাজ দেয় এবং রোলার বিয়ারিং-এর ত্রুটি সকল থাকে না। এইজন্য এই প্রকার বিয়ারিং

চার ইঞ্চি পর্যন্ত সেণ্টারের উচ্চতাবিশিষ্ট ইন্সট্রুমেণ্ট (Instrument) ও খুব সূক্ষ্ম কাজের উপযুক্ত দামী মেসিনেই ব্যবহার করা হয়।

সাধারণত: এই প্রকার বিয়ারিং ব্যবস্থায় পিছনদিকের বিয়ারিং-এর টেপার সম্মুখ দিকের অর্থাৎ স্পিণ্ডল নোজের বিপরীত দিকে থাকে এবং একেবারে বামপ্রান্তে অবস্থিত একটি নাট দ্বারা ইহা অ্যাড্‌জাষ্ট করা হয়।

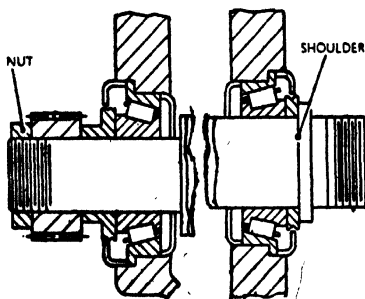
২৮ নং চিত্রে কনিক্যাল বিয়ারিং-এর উন্নতরূপ দেখান হইয়াছে। এই প্রকার বিয়ারং-এর হাউসিং চেড়া থাকে না। বিয়ারিং বুসটি ব্রোঞ্জের তৈয়ারী হয় এবং ইহার ভিতর দিক পূর্বের ন্যায় ঘর্ষণ রোধক ধাতুর দ্বারা তৈয়ারী থাকে। বুসটি লম্বালম্বি দিকে সমান দূরে দূরে তিন বা চার জায়গায় চেড়া, যাহাতে ইহাকে চাপিয়া ছোট করা যায়। বুসটির সম্মুখে ও পশ্চাতে থ্রেড কাটা থাকে ও উহাতে রিং নাট লাগান থাকে, যাহাতে বাঁ-দিকের নাটটি টাইট দিলে বুসটি হাউসিং-এর কনিক্যাল গর্তের মধ্যে ঢুকিয়া আসে ও স্পিণ্ডলের উপর চাপিয়া বসে। ডানদিকের নাটটি বুসটিকে ঈপ্সিত জায়গায় আটকাইয়া রাখিয়া লকনাটের কাজ করে।

২৮ নং চিত্র

এখানে স্মরণ রাখা দরকার এক্ষেত্রে থ্রেডটি স্কোয়্যার থ্রেডবিশিষ্ট হইতেই হইবে। তাহা না হইলে নাটটি টাইট দিলে উহা কেবল বুসটিকে টানিবে না, উহা বুসটিকে চাপিয়াও ধরিবে।

কনিক্যাল বিয়ারিং সকলের সুবিধা এই যে নাটটি টাইট দেওয়ার ফলে বুসটি স্পিণ্ডলের উপর প্রয়োজনমত চাপিয়া বসিলে স্পিণ্ডলটি একই সঙ্গে কেন্দ্রে স্থাপিত হয় ও লম্বালম্বিদিকে নড়িতে পারে না। বুসটি লম্বাদিকে 3 ডিগ্রী আন্দাজ টেপারবিশিষ্ট হয়, কিন্তু অক্ষ বরাবর চাপ (Axial Thrust) সহ্য করিবার জন্য মুখের কাছে 45 ডিগ্রী টেপার থাকে।

২৭D নং চিত্রে প্রদর্শিত প্যারালাল বোর এক্সটারনাল কোণ বিয়ারিং (Parallel Bore External Cone Bearing) ঠিক শেষোক্ত বিয়ারিং-এর মত দেখিতে ও ঠিক একইভাবে কাজ করে। তবে, তফাৎ এই যে শেষোক্ত বিয়ারিং-এর বুসের বাহির ও বোর উভয়েই টেপার থাকে কিন্তু এই প্রকার বিয়ারিং-এর বুসটির বাহিরে টেপার থাকে কিন্তু গর্ত সমান্তরাল হয়।

শেষের দুই প্রকার বিয়ারিং ভাল ধাতু দিয়া ভালভাবে নির্মিত হইলে খুব দীর্ঘস্থায়ী হয়।

বর্তমানে বাটালির ধাতুর আশ্চর্যরকম উন্নতির ফলে অনেক বেশী স্পীডে ধাতু কাটা হয়। তাহা ছাড়া ব্রাস, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি নরম ধাতু কাটিতে বেশী স্পীডের প্রয়োজন হয়। সেইজন্য আধুনিক মেসিন সমূহে স্পীণ্ডলকে বেশী স্পীডে ঘোরাইবার ব্যবস্থা থাকে। বেশী স্পীডে প্লেন স্প্লীট টাইপ বিয়ারিং ভাল কাজ দেয় না। বল এবং রোলার টাইপ বিয়ারিং অল্প তৈলে স্পিণ্ডলকে উত্তপ্ত হইতে দেয় না এবং দীর্ঘস্থায়ী হয়। ফলে আধুনিক মেসিনে বল এবং রোলার টাইপ বিয়ারিং-ই বেশী ব্যবহার করা হয়।

২৯ নং চিত্র—টেপার রোলার বিয়ারিং

হেডষ্টক স্পিণ্ডলকে সাপোর্ট দিবার আদর্শ বিয়ারিং হইতেছে টেপার রোলার বিয়ারিং। বাটালি দ্বারা ধাতু কাটিবার সময় যে চাপ আসে তাহা স্পিণ্ডলটিকে বাঁ দিকে ঠেলিয়া দিবার ও উপর দিকে উঠাইয়া দিবার চেষ্টা করে। স্পিণ্ডলের উভয় প্রান্তেই টেপার রোলার বিয়ারিং থাকে। বিয়ারিং-এর বাহিরের রেস (Outer Race) হাউসিং-এর গায়ে পুশ ফিটভাবে (Push Fit) আটকান থাকে এবং ভিতরের রেস (Inner Race) স্পিণ্ডলের গায়ে পুশ ফিটভাবে আঁটা থাকে। বাম প্রান্তের নাটটি টাইট দিলে ভিতরের রেস (Inner Race) শুদ্ধ স্পিণ্ডলটিকে বিয়ারিং-এর মধ্য দিয়া টানিবে। ফলে, টেপার রোলার ও উভয় রেসের মধ্যস্থিত ফাঁক (Space) কমিয়া যাইবে।

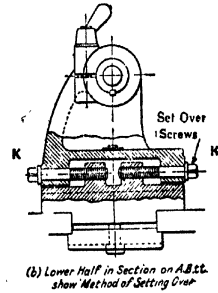
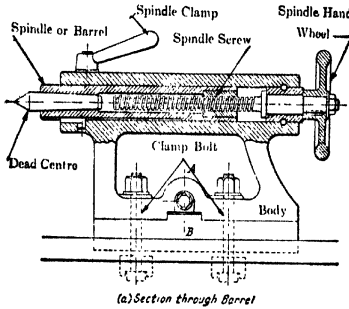
টেলষ্টক (Tailstock)

ইহা হেডষ্টকের পরিপূরক। (৩০ নং চিত্র) মাল ধরিবার ডান দিকের আল বা ডেড সেণ্টার ইহাতে থাকে। মালের দৈর্ঘ্য অনুযায়ী ইহা বেডের উপর সরাইয়া বিভিন্ন দূরত্বে বাঁধা যায়। টেলষ্টক বডি, টেলষ্টক স্পিণ্ডল, স্পিণ্ডল স্ক্রু, স্পিণ্ডল হুইল, স্পিণ্ডল ক্ল্যাম্প, ক্ল্যাম্প বোল্ট এবং টেলষ্টক সেণ্টার বা

ডেড সেণ্টার লইয়া টেলষ্টক গঠিত। টেলষ্টক স্পিণ্ডলের সম্মুখের দিকে টেপার বোর থাকে যাহাতে ডেড সেণ্টার ইহার সহিত আটকান যায়। আলে আলে কোন বস্তু টার্ণিং করিতে বা বস্তুটিকে ডানদিকে ধরিতে ডেড সেণ্টার ব্যবহৃত হয়। সাধারণ অবস্থায় টেলষ্টক সেণ্টার ও হেডষ্টক সেণ্টারের অক্ষরেখা একই সরলরেখায় অবস্থিত থাকে কিন্তু টেপার টার্ণিং-এর সময় টেলষ্টক সেণ্টারকে যাহাতে এই সরল রেখার উভয় পার্শ্বে সরান যায় সেইজন্য ইহার মধ্যে ব্যবস্থা থাকে। সেট ওভার স্ক্রু K-এর (Set over Screw) একটিকে আলগা করিয়া অপরটি টাইট দিয়া টেলষ্টক সেণ্টার সরান হয়। যখন লেদে ড্রিল করিবার বা রিমার দিবার প্রয়োজন হয় তখন ডেড সেণ্টারটি খুলিয়া ফেলিয়া ড্রিল বা রিমারটিকে টেলষ্টক স্পিণ্ডলের মধ্যে ধরা হয়।

সেণ্টার (Centers) :—হেডষ্টক স্পিণ্ডলের সহিত যে সেণ্টার লাগান হয় তাহাকে লাইভ সেণ্টার (Live Center) অর্থাৎ 'জীবন্ত' সেণ্টার বলা

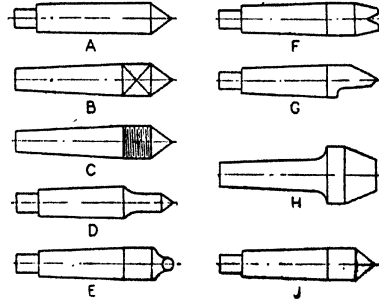
(a) Section through Barrel

(b) Lower Half in Section on A.B.t.t. show Method of Setting Over

৩০ নং চিত্র—টেলষ্টক

হয়। কারণ, ইহা ডেড সেণ্টারের ন্যায় স্থির না থাকিয়া বস্তুর সহিত ঘুরিতে থাকে। টেলষ্টক স্পিণ্ডলে যে সেণ্টার লাগান হয় তাহাকে ডেড সেণ্টার (Dead Center) অর্থাৎ 'মৃত' সেণ্টার বলা হয়। কারণ, ইহা সব সময় নিশ্চল হইয়া থাকে। ডেড সেণ্টারটি টেলষ্টক স্পিণ্ডল হইতে খুলিবার প্রয়োজন হইলে টেলষ্টকের হ্যাণ্ড হুইলটি উল্টাদিকে ঘোরাইয়া টেলষ্টক স্পিণ্ডলটিকে ভিতরদিকে লইয়া যাইতে হইবে, যতক্ষণ না ডেড সেণ্টারের পিছনদিক টেলষ্টক স্পিণ্ডল স্ক্রুর মাথায় লাগিয়া খুলিয়া যায়।

উভয় লেদ সেণ্টারই কার্বন ষ্টীলের হয় তবে লাইভ সেণ্টারকে হার্ডেনিং (Hardening) করিলেও চলে না করিলেও চলে, কিন্তু ডেড সেণ্টারকে

হার্ডেনিং করিতেই হইবে, কারণ তাহা না হইলে ডেড সেণ্টার মালের সহিত ঘর্ষণের ফলে শীঘ্রই নষ্ট হইয়া যাইবে। লাইভ সেণ্টার মালের সাথে সাথে ঘোরে বলিয়া ইহার ঘর্ষণজনিত ক্ষয় হয় না বলিলেই চলে। মালের যে দিককার সেণ্টার ড্রিল ডেড সেণ্টারে লাগে তাহাতে আগে গ্রীজ (Grease) দিয়া তবে ডেড সেণ্টার লাগাইতে হয়, তাহা না হইলে ডেড সেণ্টার নষ্ট হইয়া যায়। সেণ্টারদ্বয়ের সম্মুখের দিক 60° কোণে গ্রাইণ্ডিং করা থাকে। ভারী কাজের জন্য সময় সময় 75° বা 90° কোণেও গ্রাইণ্ডিং করা হয়। সেণ্টারের পশ্চাৎ দিকের শ্যাঙ্ক অংশে সাধারণতঃ মোর্স টেপার কাটা থাকে।

A F B G C H D E J

৩১ নং চিত্র—লেদ সেণ্টার

ছোট লেদে সেণ্টার সোজাসুজি হেডষ্টক বা টেলষ্টক স্পিণ্ডলের সেণ্টারে ফিট হয় কিন্তু বড় লেদে ইহা একটি অ্যাডপ্টার বা স্লীভে ফিট হয়।

ক্যারেজ (Carriage)

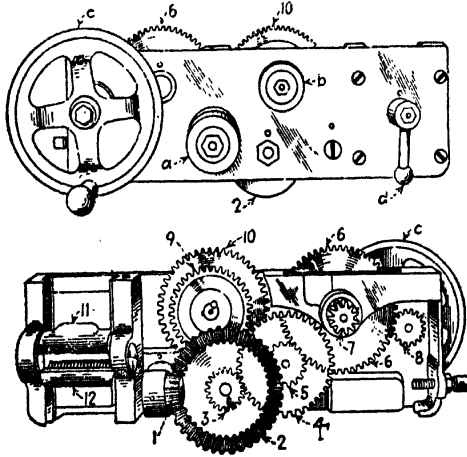
ফিড স্যাফ্ট (Feed Shaft):—(১৫ নং চিত্র) ইহার সাহায্যে ক্যারেজকে স্বয়ংক্রিয়ভাবে চালান হয়। ইহাকে ঘূর্ণমান লেদ স্পিণ্ডলের সহিত গিয়ার দ্বারা যুক্ত করিয়া ঘোরান হয়।

লিড স্ক্রু (Lead Screw):—(১৫ নং চিত্র) লিড স্ক্রু বা গাইড স্ক্রু (Guide Screw) একমি থ্রেড বিশিষ্ট হয় এবং ইহার সাহায্যে লেদে থ্রেড কাটা হইয়া থাকে। থ্রেড কাটিবার সময় একশ্রেণী গিয়ার দ্বারা হেডষ্টক স্পিণ্ডলের সহিত লিড স্ক্রুকে যুক্ত করা হয়। ফলে, হেডষ্টক স্পিণ্ডলটি ঘুরিলে লিড স্ক্রুটিও ঘোরে। স্যাড্লের উপর টুলপোষ্টে বাটালিটি বাঁধা থাকে এবং একটি হাফ নাট লিড স্ক্রুর সহিত যুক্ত করিয়া স্যাড্লটি তথা বাটালিটি চালনা করিয়া থ্রেড কাটা হয়। প্রতি ইঞ্চিতে কতগুলি থ্রেড কাটিবে তাহা নির্ভর করে স্পিণ্ডলের আবর্তন-সংখ্যা ও লিড স্ক্রুর আবর্তন-সংখ্যার অনুপাতের অর্থাৎ হেডষ্টক স্পিণ্ডল ও লিড স্ক্রুর যোগাযোগকারী গিয়ারের অনুপাতের

উপর। বিভিন্ন পিচ বিশিষ্ট থ্রেড কাটিবার জন্য স্পিণ্ডল ও লিড স্ক্রুর আবর্তন সংখ্যার বিভিন্ন অনুপাত কিরূপে করা হয় তাহা ষষ্ঠ অধ্যায়ে বিশদরূপে বর্ণনা করা হইয়াছে।

স্যাড্‌ল (Saddle) :—(১৫ নং চিত্র) ইহার তলার দিকে এরূপভাবে ঘাট কাটা থাকে যাহাতে ইহা বেডের উপর যাতায়াত করিতে পারে। তলার ঘাটের ঠিক লম্বদিকে ইহার উপরের পৃষ্ঠেও ঘাট কাটা থাকে যাহাতে ক্রশ স্লাইডটি (Cross Slide) ইহার উপর যাতায়াত করিতে পারে।

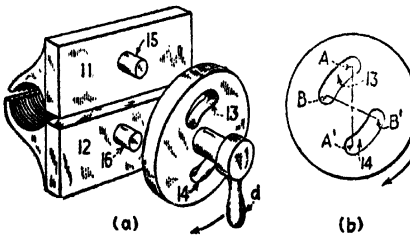
অ্যাপ্‌রণ (Apron) :—(১৫ নং চিত্র) ইহা লম্বালম্বি দৌড়ের, আড়াআড়ি দৌড়ের, স্ক্রু কাটিবার এবং বিপরীত প্রভৃতি করিবার যান্ত্রিক ব্যবস্থা সকল ঢাকিয়া রাখে। ইহার বাহিরের দিকে এই সকল যান্ত্রিক ব্যবস্থাকে চালনা করিবার লিভার সমূহ অবস্থিত থাকে।

অ্যাপ্‌রণের অভ্যন্তরস্থ যান্ত্রিক ব্যবস্থা :—৩২ নং চিত্রে আগেকার লেদের অ্যাপ্‌রণের অভ্যন্তরস্থ যান্ত্রিক ব্যবস্থা দেখান হইয়াছে। বিভেল

৩২ নং চিত্র—অ্যাপ্‌রণ

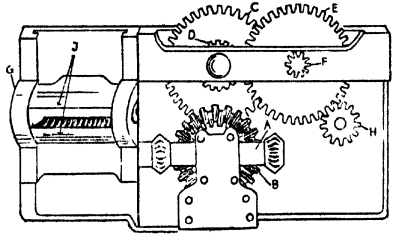
পিনিয়ন 1 চাবির দ্বারা ফিড রডের লম্বা চাবির ঘাটে (Key way or Spline) আঁটা থাকায় ইহা ফিড রডের সঙ্গে সঙ্গে ঘোরে। বিভেল পিনিয়ন 1 বিভেল গিয়ার 2-কে ঘোরায়। স্পার গিয়ার 3 বিভেল গিয়ার 2-এর সহিত স্থায়ীভাবে আঁটা। স্পার গিয়ার 3 স্পার গিয়ার 4 এর সহিত যুক্ত।

স্পার গিয়ার 4 আবার স্পার গিয়ার 9-এর সহিত যুক্ত। ফলে ফিড রড ঘুরিলে ক্যারেজের কোন দৌড় (feed) চালু থাকুক আর নাই থাকুক গিয়ার 1, 2, 3, 4 ও 9 ঘুরিতে থাকিবে। গিয়ার 4 গিয়ার 5-এর সহিত এবং গিয়ার 9 গিয়ার 10-এর সহিত ফ্রিক্সন ক্লাচ দ্বারা যুক্ত। নব (Knob) (a)-কে টাইট করিয়া দিলে গিয়ার 4 গিয়ার 5-এর সহিত যুক্ত হইয়া যায়, ফলে গিয়ার 5 ঘুরিতে আরম্ভ করে। গিয়ার 5 গিয়ার 6-কে ঘোরায়। গিয়ার 6 এবং 7 একই সাফটে যুক্ত থাকায় গিয়ার 7-ও ঘোরে। গিয়ার 7 লেদের বেডে অবস্থিত র‍্যাকের সহিত যুক্ত থাকায়, ক্যারেজটি লম্বালম্বি চলিতে আরম্ভ করে। আবার নব (b)-কে টাইট করিলে গিয়ার 9 এবং 10 যুক্ত হইয়া যায় এবং পরস্পরের মধ্যে ঘর্ষণের ফলে গিয়ার 9-এর সহিত গিয়ার 10-ও ঘুরিতে আরম্ভ করে। গিয়ার 10-এর সহিত একটি ছোট পিনিয়ন যুক্ত থাকে (চিত্রে দেখান হয় নাই), যাহা ক্রশ ফিড স্ক্রুর সহিত যুক্ত থাকে। ফলে নব (Knob) (b)-কে টাইট দিলে ক্রশ স্লাইড আড়াআড়ি ভাবে চলিতে আরম্ভ করে।

ক্যারেজকে স্বয়ংক্রিয়ভাবে না চালাইয়া হাতে চালাইতে হইলে হ্যাণ্ড হুইল C-কে ঘোরাইতে হয়। C-কে ঘোরাইলে গিয়ার 8 ও 6-এর মাধ্যমে গিয়ার 7 ঘোরে, ফলে ক্যারেজটি লম্বালম্বি চলিতে আরম্ভ করে।

থ্রেড কাটিবার সময় ৩২ নং চিত্রের স্প্লিট নাট (Split Nut) বা হাফ নাটের (Half Nut) দুই অর্ধাংশ (11) এবং (12)-কে হ্যাণ্ডল (d) দ্বারা জুড়িয়া দিলে ইহা লিড স্ক্রুর সহিত আটকাইয়া যায়, ফলে লিড স্ক্রু ঘুরিলে ক্যারেজটি আগাইতে থাকে। হাফ নাট দু'টিকে হ্যাণ্ডল (d) দ্বারা কিরূপে একত্রিত করা হয় তাহা ৩৩ (a) নং চিত্রে দেখান হইয়াছে। 11 এবং 12 অর্ধ নাট দু'টিতে যথাক্রমে 15 এবং 16-এর ন্যায় দুইটি পিন থাকে। এই পিন দুইটি 13 ও 14-এর মত দেখিতে দুইটি ক্যাম স্লটের (Cam Slot)

৩৩ নং চিত্র—হাফনাট

মধ্যে ঢুকান থাকে। ৩৩ (b) চিত্রটি লক্ষ্য করিলে বুঝা যাইবে ক্যাম স্লট দুইটির মধ্যে ব্যবধান সর্বত্র সমান নয়। AA′-এর দূরত্ব BB′ হইতে অধিক। ইহার ফলে হ্যাণ্ডল d-টি তীরচিহ্নের দিকে ঘোরাইলে হাফ নাট দু'টি একসঙ্গে জুড়িয়া যায় ও উহার উল্টাদিকে ঘোরাইলে দূরে সরিয়া যায়।

৩৪ নং চিত্রে একটি আধুনিক অ্যাপ্‌রণের অভ্যন্তরস্থ একটি চালু যান্ত্রিক ব্যবস্থা দেখান হইয়াছে। ফিড রডের চাবির ঘাটের সহিত স্লীভ বা কুয়িল (Quill) A আটকান থাকায় ফিড রড ঘুরিলে স্লীভটি ঘুরিতে থাকে। স্লীভটির দুই দিকে অবস্থিত দুইটি বিভেল পিনিয়নও ইহার সাথে সাথে ঘোরে। অ্যাপ্‌রণের বাহিরে অবস্থিত একটি লিভার দ্বারা এই পিনিয়নদ্বয়ের যে কোন একটিকে বিভেল গিয়ার B-এর সহিত যুক্ত করা যায়। একটু লক্ষ্য করিলেই বুঝিতে পারা যাইবে ইহার ফলে বিভেল গিয়ার B-কে ইচ্ছামত ডানদিকে বা বামদিকে ঘোরাইয়া ক্যারেজের দৌড়ের পরিবর্তন করা যায়। বিভেল গিয়ার B-এর পিছন দিকে একটি ছোট স্পার গিয়ার আছে এবং গিয়ার C-এর পিছন দিকেও ঠিক গিয়ার C-এর অনুরূপ একটি গিয়ার আছে যাহাদের চিত্রে দেখা যাইতেছে না। বিভেল গিয়ার B-এর পিছনে যে স্পার গিয়ার আছে তাহা ভিতর দিকের স্পার গিয়ার C-এর সহিত যুক্ত। ফলে স্লীভ A-তে অবস্থিত বিভেল পিনিয়নদ্বয়ের যে কোন একটি বিভেল গিয়ারB -এর সহিত যুক্ত করিয়া ফিড রড চালু করিলে মেসিনের কোন দৌড় (Feed) কাজ করুক আর নাই করুক স্লীভ A-তে অবস্থিত দুইটি বিভেল পিনিয়ন, বিভেল গিয়ার B, উহার পশ্চাতে অবস্থিত স্পার

৩৪ নং চিত্র—অ্যাপ্‌রণ

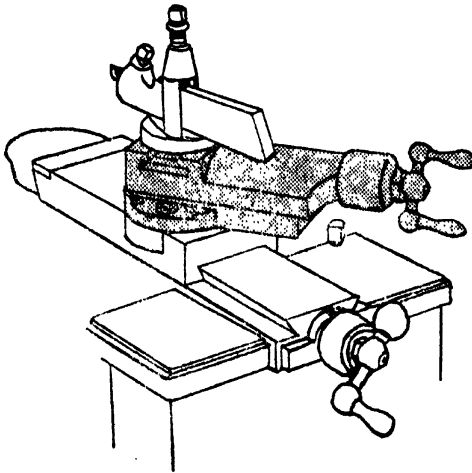
গিয়ার (যাহা চিত্রে দেখা যাইতেছে না) এবং ভিতর দিকের গিয়ার C ঘুরিতে থাকে। C গিয়ার দুইটিকে অ্যাপ্‌রণের বাহিরের দিকে অবস্থিত লিভার দ্বারা যুক্ত করিলে বাহিরের দিকের গিয়ার C-ও ঘুরিতে থাকে এবং ইহা ক্রশ-স্লাইড স্ক্রুর সহিত যুক্ত হওয়ায় ক্রশ স্লাইড চলিতে আরম্ভ করে। আবার

D গিয়ারকে অ্যাপ্রণের বাহিরে অবস্থিত একটি লিভার দ্বারা ভিতর দিকের C গিয়ারের সহিত যুক্ত করিলে গিয়ার D ঘুরিতে আরম্ভ করে এবং ফলে E ও F ঘুরিতে আরম্ভ করে ; গিয়ার F বেডে অবস্থিত র‍্যাকের (Rack) সহিত যুক্ত হওয়ায় ক্যারেজটি লম্বালম্বিভাবে চলিতে আরম্ভ করে। ক্যারেজটি কোন্ দিকে চলিবে তাহা নির্ভর করে স্লীভ A-তে অবস্থিত কোন পিনিয়নটি B-বিভেল গিয়ারের সহিত যুক্ত করা হইয়াছে।

H গিয়ারটি হ্যাণ্ড হুইলের সহিত যুক্ত হওয়ায় হ্যাণ্ড হুইলটি ঘোরাইলে ক্যারেজটি যাতায়াত করিবে।

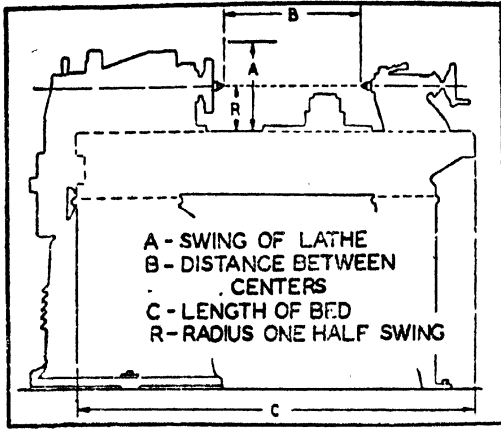
ক্যারেজ—(১৫নং চিত্র) স্যাড্ল, অ্যাপ্রণ, লম্বালম্বি (Longitudinal) ও আড়াআড়ি (Cross) দৌড়ের (Feed) যান্ত্রিক ব্যবস্থা, কম্পাউণ্ড রেষ্ট (Compound Rest প্রভৃতিকে মিলাইয়া ক্যারেজ বলা হয়।

ক্রশ স্লাইড (Cross Slide)—(১৫ নং চিত্র) ইহা স্যাড্লের উপর অবস্থিত এবং ইহা দ্বারা বাটালিকে আড়াআড়িভাবে চালনা করা হয়।

কম্পাউণ্ড স্লাইড (Compound Slide)—(৩৫ নং চিত্র) অধিকাংশ

৩৫ নং চিত্র—কম্পাউণ্ড স্লাইড

লেদ মেসিনে টুলপোষ্ট ও ক্রশ স্লাইডের মাঝখানে কম্পাউণ্ড স্লাইড ক্রশ স্লাইডের সঙ্গে বোল্ট দ্বারা আঁটা থাকে। এই স্লাইডকে যে কোন কোণে

ঘোরান যায় এবং ইহার ফলে বাটালিটিকে এরূপ কোণে চালনা করা যায়, যেদিকে একক ক্যারেজ বা ক্রশ স্লাইড দ্বারা চালনা করা যায় না। অল্প দৈর্ঘ্যের টেপার, চ্যাম্ফার এবং অন্যান্য কাজ যাহাতে বাটালির কোণাকুণি যাতায়াতের দরকার, ইহা দ্বারা অতি সহজে কাটা যায়।

লেদের মাপ (Size)—(৩৬ নং চিত্র) লেদের বেড হইতে সেণ্টারের

SIZE AND CAPACITY OF A LATHE

৩৬ নং চিত্র

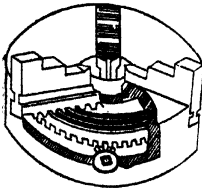
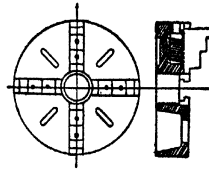
উচ্চতা এবং বেডের দৈর্ঘ্যের দ্বারা সাধারণতঃ লেদের মাপ বোঝান হয়। একটি 12 ইঞ্চি × 8 ফুট লেদ বলিতে একটি লেদ বোঝায়, যাহার বেড 8 ফুট লম্বা ও বেড হইতে সেণ্টারের উচ্চতা 12 ইঞ্চি, অর্থাৎ ইহাতে আলে আলে বেডের উপর সর্বাধিক 24 ইঞ্চি ব্যাসের বস্তু বাঁধা যায়। বেডের মাপ হেড-ষ্টককে ধরিয়া মাপিতে হয়।

চতুর্থ অধ্যায়

লেদের আনুষঙ্গিক যন্ত্রপাতি (Lathe Accessories)

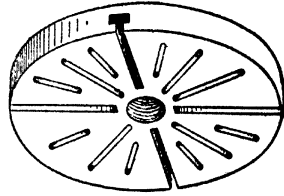
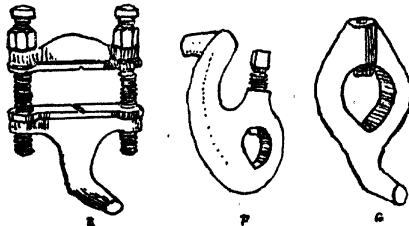
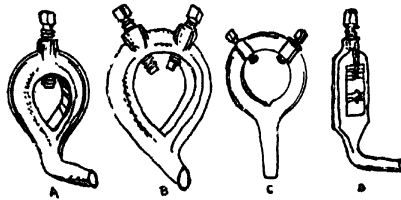
চাক (Chuck) :—চাক সাধারণতঃ চারিটি পৃথক্ পৃথক্ 'জ' বিশিষ্ট (4-Jaw independent) বা তিনটি একত্রে একই কেন্দ্রাভিমুখী 'জ' (3 Jaw Self Centering) বিশিষ্ট হইয়া থাকে। চারিটি পৃথক্ পৃথক্ 'জ' বিশিষ্ট চাকের (৩৭ নং চিত্র) প্রত্যেকটি 'জ'-কে স্কোয়ার থ্রেড (Square Thread) বিশিষ্ট স্ক্রু দ্বারা আলাদা আলাদাভাবে চালনা করা হয়, কিন্তু তিনটি 'একত্রগামী 'জ' বিশিষ্ট চাকে 'জ' গুলিকে স্ক্রল (Scroll)-এর সাহায্যে (৩৭ নং চিত্র) একত্রে চালনা করা হয়। স্ক্রল আর নাটবোল্টের মূলতত্ত্ব একই কেবল তফাৎ এই যে, স্ক্রল-এ থ্রেড কাটা হয় একটা চ্যাপ্টা চাকতির (Flat Disc) উপর। তিন 'জ' বিশিষ্ট সেল্‌ফ সেণ্টারিং চাকে বৃত্তাকার বস্তুকে ধরা সুবিধাজনক কিন্তু ইহা চার 'জ' বিশিষ্ট ইণ্ডিপেণ্ডেণ্ট

থ্রি জ সেল্‌ফ সেণ্টারিং চাক

ফোর জ ইণ্ডিপেণ্ডেণ্ট চাক

৩৭ নং চিত্র

চাকের ন্যায় বস্তুকে অত জোরে ধরিতে পারে না। চার 'জ' বিশিষ্ট ইণ্ডিপেণ্ডেণ্ট চাকে যে কোন আকৃতির মালকে ধরিতে পারা যায়। চাকের পিছন দিকের প্লেটে (Back Plate) ইণ্টারনাল থ্রেড কাটা থাকে যাহাতে চাকটি হেডষ্টক পিণ্ডলের সহিত আটকাইতে পারা যায়।

ফেস প্লেট (Face Plate) :—(৩৮ নং চিত্র)—যে সমস্ত বস্তুকে আলে আলে বা চাকে ধরা যায় না, সেই সমস্ত বস্তুকে ধরিবার জন্য ফেস প্লেট ব্যবহৃত হয়। প্রয়োজনমত মালটিকে (Job) ইহার সহিত বোল্ট দ্বারা বাঁধিবার জন্য ইহার উপর স্লট (Slot) কাটা থাকে।

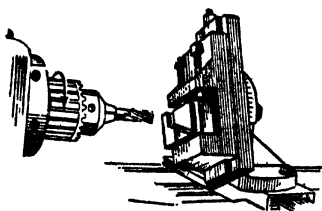
লেদ ডগ বা ক্যাচ (Lathe Dog or Catch) :—কোন বস্তুকে যখন আলে আলে চড়াইয়া কাটা হয় তখন বস্তুটিকে ঘোরাইবার জন্য লেদ ডগ ব্যবহার করা হয়। যখন বস্তুটি গোল হয় তখন প্রয়োজনমত ৩৯ নং চিত্রের C-এর ন্যায় সোজা বা ৩৯ নং চিত্রের A এবং B-এর ন্যায় বাঁকা ল্যাজবিশিষ্ট লেদ ডগ (Straight or Bent Tail Dog) ব্যবহার করা হয়। কিন্তু বস্তুটি যখন গোলাকৃতির হয় না তখন তাহাকে ধরিবার জন্য ৩৯ নং চিত্রের E ও D-এর ন্যায় যথাক্রমে ক্ল্যাম্প (Clamp) ডগ ও ডাই (Die) ডগ ব্যবহার করা হয়। ইহাতে বস্তুটিকে দু'টি 'জ'-এর মধ্যে রাখিয়া বোল্ট-দ্বারা টাইট দেওয়া হয়। লেদ ডগের সেট স্ক্রুতে জামার হাতা প্রভৃতি আটকাইয়া অনেক সময় দুর্ঘটনা ঘটে। ইহা এড়াইবার জন্য F এবং G-এর

৩৮ নং চিত্র—ফেস প্লেট

৩৯ নং চিত্র—লেদ ডগ

ন্যায় দেখিতে ডগ ব্যবহার করা হয়। F-এ প্রদর্শিত লেদ ডগের পিছন দিক বাঁকাইয়া সেটস্ক্রুর সামনে আনায় উহা হইতে বিপদ অনেক

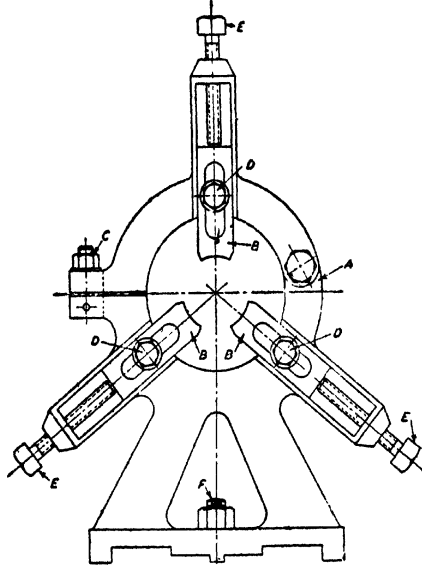
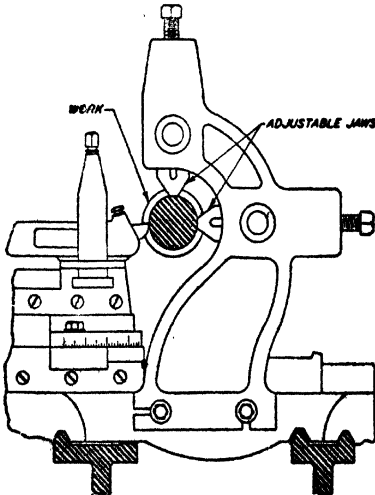
লাঘব হইয়াছে। G-এ প্রদর্শিত ডগে সেট স্ক্রু-র মাথা ডগের ভিতর ঢোকাইয়া দিয়া উহাকে নিরাপদ করা হইয়াছে।

মিলিং অ্যাটাচ্মেণ্ট (Milling Attachment):—লেদের স্পিণ্ডলে মিলিং-কাটার বাঁধিয়া মিলিং অ্যাটাচ্মেণ্ট দ্বারা লেদে ডাভ টেল (Dove Tail), চৌকা (Square), চাবির ঘাট (Key-way) প্রভৃতি মিলিং-এর কাজ করা যায়। ৪০ নং চিত্রে মিলিং অ্যাটাচ্মেণ্ট দ্বারা লেদে মিলিং-এর কাজ করিতে দেখা যাইতেছে।

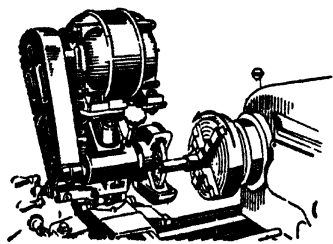
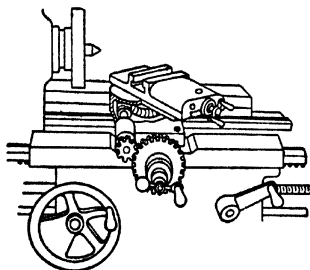
ষ্টেডি রেষ্ট বা সেণ্টার রেষ্ট (Steady Rest or Center Rest):—যদি কোন সাফ্টের মুখের দিকে (End) ফেস (Face) করিতে হয় যেখানে টেলষ্টক লাগান সম্ভব নয় অথবা যদি বস্তুটি লম্বা হওয়ার দরুন বাঁকিয়া যাইবার বা কাঁপিবার সম্ভাবনা থাকে তাহা হইলে সাফ্‌টি কাটিবার সময় ৪১ নং চিত্রের ন্যায় ষ্টেডি বা সেণ্টার রেষ্ট ব্যবহার করা হয়। ষ্টেডি রেষ্টের উপরের অংশকে A কব্জার উপর ঘোরান যায় এবং ইহাতে তিনটি অ্যাড্‌জাষ্টেবল 'জ' BBB থাকে। রেষ্টটিকে ব্যবহার করিতে হইলে প্রথমে বস্তুটিকে নিটাল করিয়া চাকে বাঁধিতে হয়, কিন্তু যেহেতু রাফ রড ঠিকমত গোল ও নিটাল হইতে পারে না,

৪০ নং চিত্র—মিলিং অ্যাটাচ্মেণ্ট

সেইজন্য যে জায়গায় ষ্টেডি রেষ্টটি লাগাইতে হইবে সেই জায়গাটুকু প্রথমে খুব সাবধানে অল্প একটু টার্ণিং করিয়া লইতে হইবে। তাহার পর রেষ্টটিকে প্রয়োজনমত জায়গায় বেডের উপর F বোণ্ট দ্বারা বাঁধিতে হয়। ইহার পর মেসিন চালু করিয়া দিয়া E স্ক্রু দ্বারা 'জ' BBB অ্যাড্‌জাষ্ট করিতে হয়। E চিহ্নিত স্ক্রুগুলি টাইট দিতে কখনও স্প্যানার ব্যবহার করিতে নাই, কারণ তাহা হইলে বস্তুটি আর নিটাল থাকিবে না। EEE অ্যাড্‌জাষ্ট হইয়া গেলে DDD বোণ্ট দ্বারা 'জ' গুলিকে, টাইট করিয়া দিতে হইবে। মেসিন চলিলে BBB 'জ'-কে তেল দিতে হইবে।

ট্র্যাভেলার বা ফলোয়ার ষ্টেডি রেষ্ট (Traveller or Follower

৪১ নং চিত্র—ষ্টেডি রেষ্ট বা সেণ্টার রেষ্ট

৪২ নং চিত্র—ট্র্যাভেলার বা ফলোয়ার ষ্টেডি রেষ্ট

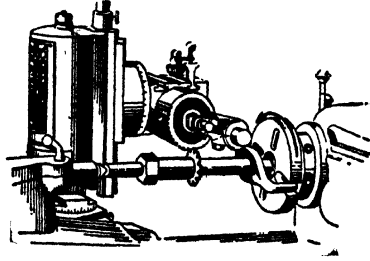
Steady Rest) :— যখন বস্তুর দৈর্ঘ্য ব্যাসের তুলনায় খুব বেশী হয় তখন ৪২ নং চিত্রের ন্যায় ট্র্যাভেলার বা ফলোয়ার রেষ্ট ব্যবহার করা হয়। ইহা ক্যারেজের উপর বাঁধা থাকে এবং ইহার অ্যাড্‌জাষ্টেবল 'জ' দুইটি বাটালির ঠিক বিপরীত দিকে মালের ফিনিশ সারফেসে থাকিয়া বাটালির সহিত একত্রে অগ্রসর হয় এবং ইহার ফলে বস্তুটি কাঁপিতে বা বাঁকিতে পারে না।

গ্রাইণ্ডিং অ্যাটাচ্ মেণ্ট (Grinding Attachment) :—৪৩ নং চিত্রের ন্যায় দেখিতে গ্রাইণ্ডিং অ্যাটাচ্-মেণ্ট দ্বারা লেদে গ্রাইণ্ডিং-এর কাজ করা যায়। ইহা একটি বিশেষ উপকারী আনু-ষঙ্গিক যন্ত্র। কেননা ইহা দ্বারা কোন বস্তু কাটিলে তাহার ফিনিস ও মাপ উভয়ই গ্রাইণ্ডিং মেসিনের ন্যায় হয়। ইলেকট্রিক মোটরের (Motor) স্পিণ্ডলে সরাসরি গ্রাইণ্ডিং হুইল বাঁধিয়া বা মোটরের স্পিণ্ডলে অবস্থিত পুলির সহিত একটি 'V' বেণ্টদ্বারা যুক্ত করিয়া ইহার হুইলটি ঘোরান হয়। টুলপোষ্ট খুলিয়া ফেলিয়া ইহাকে স্যাড্ লের উপর বসান হয় এবং বস্তুটিকে আলে আলে বা চাকে ধরা হয়।

৪৩ নং চিত্র—গ্রাইণ্ডিং অ্যাটাচ্ মেণ্ট

৪৪ নং চিত্র—বল টার্ণিং অ্যাটাচ্ মেণ্ট

বল টার্ণিং অ্যাটাচ্ মেণ্ট (Ball Turning Attachment) :—৪৪ নং চিত্রের ন্যায় দেখিতে বল টার্ণিং অ্যাটাচ্ মেণ্ট দ্বারা লেদে বল টার্ণিং করা হয়।

৪৫ নং চিত্র—রিলিভিং অ্যাটাচ্ মেণ্ট

রিলিভিং অ্যাটাচ্ মেণ্ট (Relieving* Attachment) —৪৫ নং চিত্রের ন্যায় দেখিতে রিলিভিং অ্যাটাচ্ মেণ্ট দ্বারা লেদে ট্যাপ, ফর্ম কাটার প্রভৃতির দাঁতে রিলিভ (Relieve) আকার দেওয়া হয়।

গিয়ার কাটিং অ্যাটাচ্‌মেণ্ট (Gear Cutting Attachment) :— ৪৬ নং চিত্রে লেদে কিরূপে গিয়ার কাটা যায় তাহা দেখান হইয়াছে।

৪৬ নং চিত্র—গিয়ার কাটিং অ্যাটাচ্‌মেণ্ট

পঞ্চম অধ্যায়

টেপার টার্ণিং (Taper Turning)

টেপার কাহাকে বলে ?

এক খণ্ড বস্তুর প্রস্থ বা ব্যাস যদি সমহারে বাড়ে বা কমে, তাহা হইলে বস্তুটিকে টেপারবিশিষ্ট (Tapered) বলা হয়। শঙ্কু (Cone) টেপারের একটি উৎকৃষ্ট উদাহরণ। মেসিনশপে বহু মেসিনের স্পিণ্ডলে টেপার গর্ত্ত (Hole) আছে। যেমন, টেপার শ্যাঙ্কবিশিষ্ট টুইষ্ট ড্রিল বা টেপার শ্যাঙ্কবিশিষ্ট অন্য টুলস ধরিবার জন্য ড্রিল প্রেসের স্পিণ্ডলে টেপার গর্ত্ত থাকে।

টেপারের উদ্দেশ্য

টেপারের উদ্দেশ্য হইতেছে একটি বস্তুকে দৃঢ়ভাবে ধরা এবং অপর একটি বস্তুর আপেক্ষিকে বস্তুটিকে কেন্দ্রে ধরা। টেপার শ্যাঙ্কবিশিষ্ট ড্রিল, রিমার প্রভৃতি টেপার গর্ত্তবিশিষ্ট স্পিণ্ডলে অতি সহজে দৃঢ়ভাবে আটকান যায় এবং উহা আপনা হইতে স্পিণ্ডলের কেন্দ্রে স্থাপিত হয়।

ষ্ট্যাণ্ডার্ড টেপার কয় প্রকারের ?

মেসিনশপের কাজে সাধারণতঃ পাঁচ প্রকারের টেপার ব্যবহৃত হয়। ইহাদের মধ্যে চারি প্রকার টেপার সেল্‌ফ হোল্ডিং (Self-holding) ও এক প্রকার টেপার সেলফ রিলিজিং (Self-releasing) টাইপের অন্তর্গত।

সেল্‌ফ হোল্ডিং টেপার—অর্থাৎ স্বয়ং আটকাইবার ক্ষমতা সম্পন্ন টেপার। অল্প টেপারকে সাধারণতঃ সেল্‌ফ হোল্‌ডিং টেপার বলা হয়। কারণ, 2 বা 3 ডিগ্রী টেপারবিশিষ্ট বস্তু উহার সকেটে এরূপ দৃঢ়ভাবে আটকায় যে সাধারণ কাজে উহা খুলিয়া বা ঘুরিয়া যায় না। নিম্নলিখিত চারি প্রকারের সেল্‌ফ হোল্ডিং টেপার সাধারণতঃ মেসিনশপের কার্যে ব্যবহার করিতে দেখা যায়:—

1. **ব্রাউন এণ্ড শার্প টেপার** (Brown and Sharpe Taper)—এই প্রকারের টেপার সাধারণতঃ মিলিং এবং গ্রাইণ্ডিং মেসিনে এবং উহাদের বাটালি ও আনুষঙ্গিক যন্ত্রপাতিতে (Attachment) ব্যবহার করা হয়। এই প্রকার টেপার সর্বাপেক্ষা ছোট 1 নম্বর হইতে সর্বাপেক্ষা বড় 18 নম্বর পর্যন্ত হয়। একমাত্র 10 নম্বর টেপার ব্যতীত আর সব সাইজের টেপার প্রতি ফুটে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি আন্দাজ। 10 নম্বরে প্রতি ফুটে 0·5161 ইঞ্চি টেপার।

2. **মোর্স টেপার** (Morse Taper):—এই প্রকার টেপার সাধারণতঃ ড্রিল মেসিন ও উহার টুলস-এ (Tools) ব্যবহৃত হয়। যেমন, টুইষ্ট ড্রিলের শ্যাঙ্ক। অনেক লেদেও এই প্রকারের টেপার ব্যবহার করা হয়। এই প্রকার টেপার সর্বাপেক্ষা ছোট 0 নম্বর হইতে সর্বাপেক্ষা বড় 7 নম্বর পর্যন্ত মোট আট সাইজের হয়। এই পদ্ধতিতে সব সাইজেই টেপার প্রতি ফুটে $\frac{5}{8}$ ইঞ্চি আন্দাজ, কিন্তু কোন সাইজেই সঠিক $\frac{5}{8}$ ইঞ্চি নহে। সঠিক টেপারের মাপ নির্ণয়ের জন্য মোর্স টেপারের তালিকার সাহায্য লইতে হইবে।

3. **জার্নো টেপার** (Jarno Taper)—সকল প্রকার টেপারের মধ্যে এই প্রকার টেপারের মাপ মনে রাখা ও হিসাব করা সর্বাপেক্ষা সহজ। এই প্রকার টেপারের মাপ বাহির করিবার জন্য কোনরূপ তালিকার সাহায্য লইতে হয় না। জার্নো টেপারের মাপ বাহির করিবার সূত্রগুলি নিম্নরূপ—

টেপার প্রতি ফুট = 0·600 ইঞ্চি

বৃহত্তর ব্যাস (Large Diameter) $= \frac{\text{টেপারের নম্বর}}{8}$

ক্ষুদ্রতর ব্যাস (Small Diameter) $= \frac{\text{টেপারের নম্বর}}{10}$

টেপারের দৈর্ঘ্য (Length of Taper) $= \frac{\text{টেপারের নম্বর}}{2}$

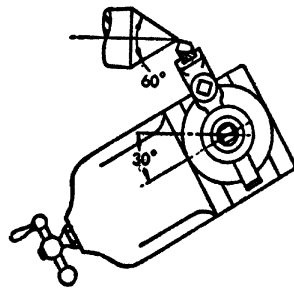
যেমন, 7 নম্বর জার্ণো টেপারের বৃহত্তর প্রান্তের ব্যাস $\frac{7}{8}$ ইঞ্চি, ক্ষুদ্রতর প্রান্তের ব্যাস $\frac{7}{10}$ ইঞ্চি অর্থাৎ 0·700 ইঞ্চি এবং দৈর্ঘ্য $\frac{7}{8}$ ইঞ্চি অর্থাৎ $3\frac{1}{8}$ ইঞ্চি।

আমেরিকান ষ্ট্যাণ্ডার্ড মেসিন টেপার (American Standard Machine Taper)—এই প্রকারের টেপার 19 রকম সাইজের হয়, তন্মধ্যে আটটি সাইজ ছোট সাইজের মোর্স এবং ব্রাউন এণ্ড শার্প টেপার হইতে নির্বাচন করা হইয়াছে এবং বড় দশটি সাইজে টেপার প্রতি ফুটে $\frac{5}{8}$ ইঞ্চি। $4\frac{1}{2}$ নম্বর টেপার, 4 নম্বর ও 5 নম্বর মোর্স টেপারের মাঝামাঝি।

সেল্‌ফ-রিলিজিং টেপার (Self-releasing Taper)—অর্থাৎ স্বয়ং খুলিয়া যায় এরূপ টেপার। এই প্রকার টেপারকে মিলিং মেসিন ষ্ট্যাণ্ডার্ড টেপারও বলে। পূর্বে মিলিং মেসিন স্পিণ্ডল, আরবার এবং অ্যাডপ্‌টারে ব্রাউন এণ্ড শার্প টেপার ব্যবহার করা হইত। অল্প টেপারের জন্য মেসিন স্পিণ্ডল হইতে আরবার বা অ্যাডপ্‌টার খোলা খুব কষ্টকর ও সময় সাপেক্ষ ছিল। 1927 খৃষ্টাব্দে মিলিং মেসিন ষ্ট্যাণ্ডার্ড টেপার ডিজাইন করা হয় এবং বর্তমানে উহা সমস্ত আধুনিক মিলিং মেসিনে ব্যবহৃত হয়। ইহার প্রতি ফুটে $3\frac{1}{2}$ ইঞ্চি টেপার এবং টেপার বেশী হওয়ায় ইহা সেলফ হোল্ডিং শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত নহে। এই প্রকার টেপারের উদ্দেশ্য বস্তুটিকে যথাযথ জায়গায় বসান, উহাকে আটকান নহে। সেই জন্য আরবার বা অ্যাডপ্‌টারকে পিছন হইতে ড্র-ইন-বোল্ট (Draw-in-bolt) সাহায্যে টাইট দিয়া স্পিণ্ডলে আটকান হয়।

লেদে কি কি উপায়ে টেপার কাটা যায়?

১। কম্পাউণ্ড স্লাইড পদ্ধতি

(Compound Slide Method)—এই পদ্ধতিতে যত ডিগ্রী টেপার কাটিতে হইবে টুল স্লাইডটিকে ঠিক ততডিগ্রী কোণে বাঁধিয়া টুল স্লাইডের সাহায্যে বাটালিটিকে পরিচালিত করিয়া টেপার কাটিতে হয়। এই প্রক্রিয়ায় বাহিরের সারফেসের টেপার ও বোরের টেপার উভয়ই কাটা যায়

৪৭ নং চিত্র

কিন্তু এই উপায়ে বেশী লম্বা কোন জিনিস কাটা যায় না। টুল স্লাইড

যতটা যাতায়াত করিতে পারে সর্বাধিক ততটা দৈর্ঘ্যের টেপারই এই পদ্ধতিতে কাটা সম্ভব। ইহা ছাড়াও এই পদ্ধতির আর একটি অসুবিধা হইতেছে যে টুল স্লাইডটি হাতে চালাইতে হয় বলিয়া মেসিন-চালকের হাত শীঘ্র ক্লান্ত হইয়া যায়। ৪৭ নং চিত্রে কম্পাউণ্ড স্লাইডকে 30° কোণে বাঁধিয়া লেদ সেণ্টারকে এক এক দিকে 30° কোণে অর্থাৎ 60° অন্তর্ভুক্ত কোণে টার্ণিং করিতে দেখা যাইতেছে।

২। **ফর্ম টুল** (Form Tool)—৪৮ নং চিত্রের ন্যায় একটি চওড়া বাটালিকে ঠিকমত কোণে বাঁধিয়া টেপার কাটা যায়। কাজটি ঠিকমত পাইতে হইলে বাটালিটির মুং (Cutting Edge) একদম সোজা (Straight) হওয়া চাই। তবে এইভাবে কেবলমাত্র খুব অল্প দৈর্ঘ্যের টেপার কাটা যায়। কারণ এই প্রক্রিয়ায় লম্বা টেপার কাটিলে মালটি কাঁপিতে থাকিবে ও ফলে রাফ ফিনিস (Rough finish) হইবে।

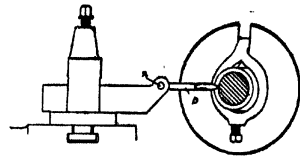
৩। **টেলষ্টক সরাইয়া** (Setting Over the Tailstock Center) :—যে সমস্ত বস্তুকে আলে আলে ধরা যায় এই পদ্ধতিতে সেই সমস্ত জিনিসে টেপার কাটা যায়। এই প্রণালীতে বাটালিটিকে বেডের সহিত সমান্তরাল ভাবে তাহার স্বাভাবিক পথে চালিত করা হয় আর বস্তুটির অক্ষকে বেডের সহিত কোণ করিয়া বাঁধিয়া বস্তুটিকে ঘোরান হয়। ৫৫ নং চিত্রের ন্যায় টেলষ্টক সেণ্টারকে সরাইয়া বস্তুটিকে বেডের সহিত কোণ করিয়া বাঁধা হয়, কারণ টেলষ্টক সেণ্টারটি সরাইলে হেডষ্টক ও টেলষ্টক সেণ্টারের সংযোজক সরলরেখা ভি-পথের আর সমান্তরাল না থাকিয়া ভি-পথের সহিত কোণ করিয়া থাকিবে। সুতরাং বাটালিটি যখন বেডের সমান্তরাল ভাবে যাইবে বস্তুটি টেপার কাটিতে থাকিবে। সেণ্টারদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখা বেডের সহিত যত ডিগ্রী কোণ করিয়া থাকিবে বস্তুটিতে তাহার দ্বিগুণ কোণের টেপার কাটিবে।

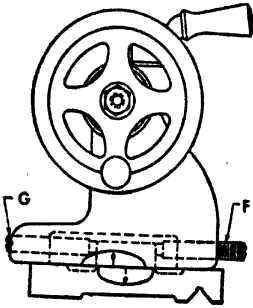
Turning a Taper with a Straight Tool.

৪৮ নং চিত্র

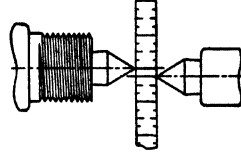
টেলষ্টক সেন্টার কিরূপে সরাইতে হয় ? ৩০ নং চিত্র লক্ষ্য করিলে বুঝা যাইবে টেলষ্টক উপর এবং নীচে এই দুই অংশে বিভক্ত এবং উপরের অংশ নীচের অংশের উপর পৃষ্ঠে বেডের সমান্তরাল সমতলে বেডের সহিত লম্বভাবে যে পথ কাটা থাকে তাহাতে যাতায়াত করিতে পারে। টেলষ্টকের দুই পার্শ্বে অবস্থিত দুইটি স্ক্রুর সাহায্যে এই গতিটি দেওয়া হয়। ৩০ নং চিত্রে K, K এই দুইটি স্ক্রুর সাহায্যে টেলষ্টকের উপরের অংশকে সরান হয়।

টেপার টার্ণিং-এর উদ্দেশ্যে টেলষ্টক ঈপ্সিত পরিমাণ কিরূপে সরান হয় ?

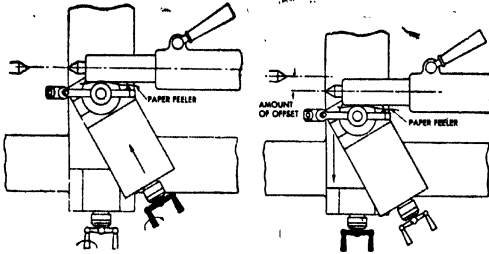
(ক) **ক্যালিপার টুল সাহায্যে** (Using a Calliper Tool) :—এই পদ্ধতিতে টেপার অংশের আরম্ভে এবং শেষে অল্প একটু জায়গা টার্ণিং করিয়া টেপারের বৃহত্তর এবং ক্ষুদ্রতর প্রান্তের মাপ করা হয়। পরে টুল পোষ্টে ৪৯ নং চিত্রের ন্যায় দেখিতে ক্যালিপার টুল বাঁধা হয়। ছুঁচাল মুখ বিশিষ্ট P আঁচড়াটি (Pointer) R কীলকের (Pivot) উপর এরূপভাবে

৪৯ নং চিত্র

অবস্থিত যে উহা R-কে কেন্দ্র করিয়া উল্লম্ব তলে (Vertical) ঘোরান যায়। R-কে বস্তুর সেণ্টারের (Center) উচ্চতায় বাঁধিতে হয়। টুলপোষ্টটি এরূপ জায়গায় সেট (Set) করিতে হয় যে আঁচড়াটি উল্লম্ব তলে (Vertical) ঘোরাইলে উহা বৃহত্তর প্রান্তের ব্যাসকে মাত্র (Just) স্পর্শ করে। টুলপোষ্ট ঐ অবস্থায় স্থির (Fixed) রাখিয়া কেবলমাত্র ক্যারেজটি লম্বালম্বি দিকে চালনা করিয়া আঁচড়াটি ক্ষুদ্রতম প্রান্তের

৫০ নং চিত্র

নিকট আনিতে হয় এবং টেলষ্টকটি সরাইয়া আঁচড়াটি পূর্বের ন্যায় ক্ষুদ্রতর প্রান্তে স্পর্শ করাইতে হয়। আঁচড়াটি ক্ষুদ্রতর প্রান্ত স্পর্শ করিলে বুঝিতে হইবে টেলষ্টক ঈপ্সিত পরিমাণ সরিয়াছে।

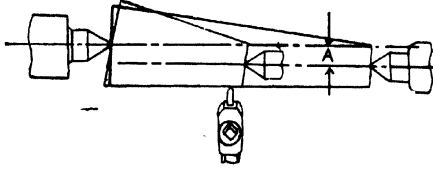
(খ) **স্কেলের সাহায্যে** :—টেলষ্টক সেণ্টার যখন হেডষ্টক স্পিণ্ডলের অক্ষের সহিত একই রেখায় অবস্থিত থাকে, সেই অবস্থায় টেলষ্টকের উপর অংশ হইতে নীচের অংশ পর্যন্ত একটি রেখা টানিতে হয়। পরে টেলষ্টক সরাইলে ৫০ নং চিত্রের ন্যায় রেখাটির উপর এবং নীচের অংশের মধ্যে যে তফাৎ হয়, সেই দূরত্ব মাপিলে টেলষ্টক কতটা সরিল বুঝিতে পারা যায়।

৫১ নং চিত্র

৫১ নং চিত্রের ন্যায় সেণ্টার দু'টি কাছাকাছি আনিয়া উহাদের মধ্যে দূরত্ব একটি স্কেল দ্বারা মাপিলে টেলষ্টক সেণ্টার কতটা সরিয়াছে মোটামুটি জানিতে পারা যায়।

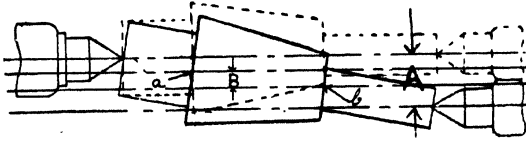
(গ) **ক্রশ ফিড স্ক্রু ডায়াল সাহায্যে** (Using Cross Feed Screw Dial) :—৫২ নং চিত্রের ন্যায় টুলপোষ্টটি টেলষ্টক স্পিণ্ডলে স্পর্শ করাইতে

৫২ নং চিত্র

হয়। পরে ক্রশ ফিড স্ক্রু ডায়াল দেখিয়া স্লাইডটি বাহিরের দিকে ঈপ্সিত পরিমাণ টানিয়া লইয়া টেলষ্টক সেণ্টারটি সরাইয়া টেলষ্টক স্পিণ্ডলটি পুনরায় টুলপোষ্টে স্পর্শ করাইলে, টেলষ্টক সেণ্টারটি ঈপ্সিত পরিমাণ সরিবে। ঠিকমত স্পর্শ করিল কিনা একটি পাত্‌লা কাগজ সাহায্যে অনুভব করিলে বুঝিতে সুবিধা হয়।

টেলষ্টক অফ-সেট (Off Set) অর্থাৎ সরানর পরিমাণ একই থাকিলে সকল ক্ষেত্রেই কি টেপার সমান হইবে ?

না হইবে না। ৫৩ নং চিত্র লক্ষ্য করিলে বুঝা যাইবে অফ-সেটের পরিমাণ একই থাকিলেও জবের দৈর্ঘ্যের সহিত টেপার অ্যাঙ্গলের তফাৎ হইবে। দৈর্ঘ্য যত বেশী হইবে টেপার অ্যাঙ্গল তত কম হইবে।

৫৩ নং চিত্র

টেলষ্টকের অফ-সেট টেপার অংশের দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে, না পুরা জবের দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে?

টেলষ্টকের অফ-সেট পুরা জবের দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে। ৫৪ নং চিত্র লক্ষ্য করিলে বুঝা যাইবে যদি জবটির a এবং b বিন্দুতে সেণ্টার লাগান সম্ভব হইত, তাহা হইলে অফ-সেটের পরিমাণ হইত B। কিন্তু ঐ ভাবে জব ধরা সম্ভব নহে। টেপার অংশে যে অনুপাতে টেপার হইয়াছে সেই অনুপাতে পুরা জবের দৈর্ঘ্য যদি টেপার হইত, তাহা হইলে যতটা অফ-সেট দিতে হইত টেলষ্টককে ততটা অফ-সেট দিতে হইবে। ৫৪ নং চিত্রে উহা A-এর সমান।

৫৪ নং চিত্র

টেপারের মাপ কিরূপে প্রকাশ করা হয়?

টেপারের মাপ তিন রকমভাবে বলা হয়—

(ক) এত ইঞ্চিতে 1 ইঞ্চি—যেমন 10 ইঞ্চিতে 1 ইঞ্চি ব্যাস

(খ) প্রতি ফুট দৈর্ঘ্যে এত টেপার—যেমন, প্রতি ফুটে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি ব্যাস

(গ) টেপারের অন্তর্ভূক্ত কোণ (Included Angle) দ্বারা

(ক) একক টেপারের দৈর্ঘ্য দেওয়া থাকিলে টেলষ্টক অফ-সেট কিরূপে বাহির করিতে হয়?

যতটা দৈর্ঘ্যে একক টেপার হয় সেই দৈর্ঘ্য দ্বারা মালের (job) পুরা দৈর্ঘ্যকে ভাগ দিলে যে ভাগফল হইবে, তাহাকে 2 দ্বারা ভাগ অর্থাৎ অর্ধেক করিলে টেলষ্টক সেণ্টারের অফ্‌সেটের পরিমাণ পাওয়া যাইবে।

উদাহরণ 1. :—6 ইঞ্চি লম্বা একটি বস্তুতে প্রতি 15 ইঞ্চিতে 1 ইঞ্চি টেপার কাটিতে হইলে টেলষ্টক সেণ্টার কত সরাইতে হইবে ?

সমাধান—15 ইঞ্চিতে ব্যাসের উপর টেপারের পরিমাণ 1 ইঞ্চি

∴ 1 „ „ „ „ „ $\frac{1}{15}$ ইঞ্চি

∴ 6 „ „ „ „ „ $\frac{1}{15}\times6=0.4$ ইঞ্চি

∴ টেলষ্টক সরাইতে হইবে $=\frac{0.4}{2}=0.2$ ইঞ্চি।

উদাহরণ 2. :—9 ইঞ্চি লম্বা একটি বস্তুর 6 ইঞ্চি পরিমাণ জায়গায় 15 ইঞ্চিতে 1 ইঞ্চি টেপার কাটিতে হইলে টেলষ্টক সেণ্টার কত সরাইতে হইবে ?

সমাধান—15 ইঞ্চিতে ব্যাসের উপর টেপারের পরিমাণ 1 ইঞ্চি

1 „ „ „ „ „ $\frac{1}{15}$ ইঞ্চি

9 „ „ „ „ „ $\frac{9}{15}=0.6$ ইঞ্চি

∴ টেলষ্টক সরাইতে হইবে $=\frac{0.6}{2}=0.3$ ইঞ্চি।

উদাহরণ 3. 30 সেণ্টিমিটারে 10 মিলিমিটার টেপার। টেপার অংশের দৈর্ঘ্য 50 মিলিমিটার ও সম্পূর্ণ জবের দৈর্ঘ্য 100 মিলিমিটার। টেলষ্টক কতটা সরাইতে হইবে ?

সমাধান—30 সেণ্টিমিটার বা 300 মিলিমিটারে টেপার 10 মিলিমিটার

বা 1 „ „ $\frac{10}{300}$ „

বা 100 „ „ $\frac{10\times100}{300}$ „

$=3.33$ „

(খ) ফুট প্রতি টেপারের পরিমাণ দেওয়া থাকিলে টেলষ্টক অফ-সেটের পরিমাণ কিরূপে বাহির করিতে হয় ?

ফুট প্রতি টেপারের পরিমাণকে 12 দ্বারা ভাগ করিয়া ভাগফলকে সম্পূর্ণ মালটি (কেবলমাত্র টেপার অংশ নহে) যত ইঞ্চি লম্বা সেই সংখ্যা দ্বারা গুণ ও পরে 2 দ্বারা ভাগ করিলে অফ-সেটের পরিমাণ পাওয়া যাইবে।

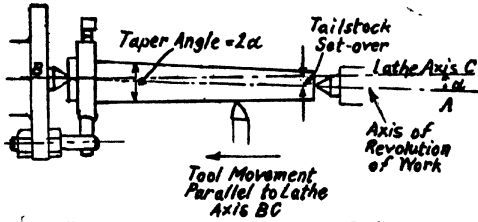
উদাহরণ 1. :—প্রতি ফুটে $\frac{3}{4}$ ইঞ্চি টেপার কাটিতে হইলে $10\frac{1}{2}$ ইঞ্চি লম্বা বস্তুর ক্ষেত্রে টেলষ্টক কতটা সরাইতে হইবে ?

সমাধান— 12 ইঞ্চিতে টেপার $\frac{3}{4}$ ইঞ্চি

$\therefore$ 1 " " $\frac{3}{4\times12}$ ইঞ্চি

$\therefore$ $10\frac{1}{2}=\frac{21}{2}$ " " $\frac{3}{4\times12}\times\frac{21}{2}=\frac{63}{96}=\frac{21}{32}$ ইঞ্চি

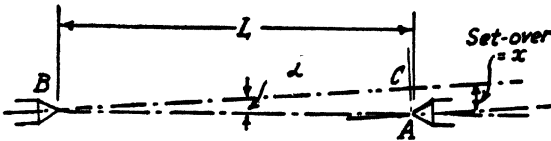
সুতরাং টেলষ্টক সরাইতে হইবে $\frac{1}{2}\times\frac{21}{32}=\frac{21}{64}$ ইঞ্চি।

(গ) **অন্তর্ভুক্ত কোণ দেওয়া থাকিলে টেলষ্টকের অফ-সেটের পরিমাণ কিরূপে বাহির করিতে হয় ?**

৫৫ নং চিত্র

যখন টেপারের অন্তর্ভুক্ত কোণ (Included Angle) দেওয়া থাকে তখন টেলষ্টক সেণ্টারকে এরূপভাবে সরাইতে হয় যাহাতে হেডষ্টক সেণ্টার ও টেলষ্টক সেণ্টারের সংযোজক সরলরেখা প্রদত্ত কোণের অর্ধেক হয়। ৫৬ নং চিত্রে মনে কর L=বস্তুর দৈর্ঘ্য ; X=টেলষ্টক সেণ্টারকে সরানর পরিমাণ

৫৬ নং চিত্র

এবং 2α = টেপারের অন্তর্ভুক্ত কোণ, $\therefore$ $\angle ABC=\alpha$

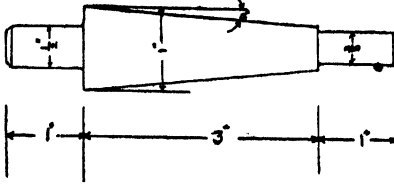
$$\therefore \frac{X}{AB}=\frac{AC}{AB}=\text{Sin }\alpha \text{ অর্থাৎ } X=AC=AB\sin\alpha=L\text{ Sin }\alpha$$

সূত্র :— অফ-সেট=বস্তুর দৈর্ঘ্য × সাইন $\left(\frac{\text{অন্তর্ভুক্ত কোণ}}{2}\right)$

উদাহরণ 1. :—12 ইঞ্চি লম্বা বস্তুতে 6° টেপার কাটিতে হইলে টেলষ্টক সেণ্টার কতটা সরাইতে হইবে ?

সমাধান— এখানে AB=12 ইঞ্চি, $\angle=3^\circ$

$\therefore$ AC=টেলষ্টক সরানর পরিমাণ (Tailstock set over)

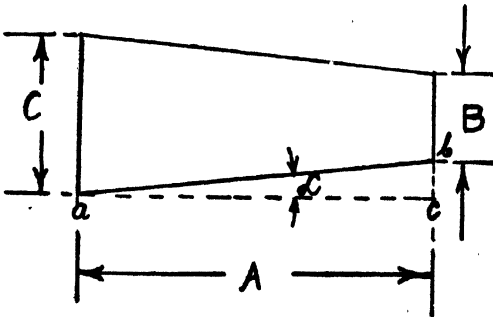
$=12\times\sin 3^\circ=12\times0{\cdot}0523=0{\cdot}628$ ইঞ্চি।

উদাহরণ 2. নিম্নের নক্সার মালটির টেপার অংশ টার্ণিং করিতে টেলষ্টক কতটা অফ-সেট করিতে হইবে ?

৫৭ নং চিত্র

সমাধান—সম্পূর্ণ মালটির দৈর্ঘ্য $=1''+3''+1''=5''$

$\therefore$ অফ-সেট $=5\times\sin 3^\circ=5\times0{\cdot}0523=0{\cdot}2615$ ইঞ্চি।

টেপারের বৃহত্তর ব্যাস, ক্ষুদ্রতর ব্যাস, টেপারের দৈর্ঘ্য ও পুরা জবটির দৈর্ঘ্য দেওয়া থাকিলে কিরূপে টেপার অ্যাঙ্গল ও টেলষ্টক অফ-সেট বাহির করিতে হয় ?

কোন কোন সময় অন্তর্ভূত কোণের পরিবর্তে বড় ব্যাস, ছোট ব্যাস, টেপার অংশের দৈর্ঘ্য এবং পুরা মালের দৈর্ঘ্য দেওয়া থাকে। তখন নিম্নলিখিত উপায়ে টেপার অ্যাঙ্গল ও অফসেট বাহির করিতে হয়।

৫৮·১ চিত্র

মনে করা যাক, উপরের চিত্রে C=বড় ব্যাস, B=ছোট ব্যাস, A=টেপার অংশের দৈর্ঘ্য এবং $\angle$=টেপার কোণ। তাহা হইলে,

$$\text{Tan}\ \alpha=\frac{bc}{ac}=\frac{\frac{C-B}{2}}{A}=\frac{C-B}{2\times A}$$

সূত্র : $\text{Tan}\ \alpha=\dfrac{\text{বড় ব্যাস}-\text{ছোট ব্যাস}}{2\times\text{টেপার অংশের দৈর্ঘ্য}}$

$$\textbf{অফ-সেট}=\frac{\text{বড় ব্যাস}-\text{ছোট ব্যাস}}{2\times\text{টেপার অংশের দৈর্ঘ্য}}\times\text{পুরা জবের দৈর্ঘ্য}$$

উদাহরণ 1 :—বড় ব্যাস $1\frac{1}{16}$ ইঞ্চি, ছোট ব্যাস $\frac{13}{16}$ ইঞ্চি এবং ·75 ইঞ্চি প্রতি ফুটে টেপার হইলে টেপার কোণ কত হইবে ?

সমাধান—প্রথম পদ্ধতি : ·75 ইঞ্চি টেপার 1 ফুটে অর্থাৎ 12 ইঞ্চিতে

$\therefore$ 1 ,, ,, $\frac{12}{\cdot75}$ ইঞ্চিতে

$\therefore$ $(1\frac{1}{16}-\frac{13}{16})=\frac{1}{4}$,, ,, $\frac{12}{\cdot75}\times\frac{1}{4}$ ইঞ্চিতে

$$=\frac{12}{\frac{3}{4}}\times\frac{1}{4}=\frac{12\times4}{3}\times\frac{1}{4}=4\ \text{ইঞ্চিতে}$$

$\therefore$ টেপার অংশের দৈর্ঘ্য = 4 ইঞ্চি।

এইবার উপরের সূত্র অনুযায়ী

$$\text{Tan}\ \alpha=\frac{\text{বড় ব্যাস}-\text{ছোট ব্যাস}}{2\times\text{টেপার অংশের দৈর্ঘ্য}}=\frac{1\frac{1}{16}-\frac{13}{16}}{2\times4}$$

$=\dfrac{\frac{1}{4}}{8}=\dfrac{1}{32}=\cdot0312\quad\therefore\ \alpha=1^\circ-48'$ (আন্দাজ)।

দ্বিতীয় পদ্ধতি : প্রতি ফুটে ব্যাসের উপর টেপার ·75 ইঞ্চি। সুতরাং ৫৮ নং চিত্র অনুযায়ী $bc=\frac{\cdot75}{2}=\cdot375$ ইঞ্চি যখন $ac=12$ ইঞ্চি

$$\text{Tan}\ \alpha=\frac{bc}{ac}=\frac{\cdot375\ \text{ইঞ্চি}}{12\ \text{ইঞ্চি}}=\cdot03125\quad\therefore\ \alpha=1^\circ-48'\ (\text{ আন্দাজ })$$

এইবার টেলষ্টক কতটা পরিমাণ সরাইলে টেপার অ্যাঙ্গল (৫৬ নং চিত্রের α) $1^\circ-48'$ হইবে তাহা ৫৯ পৃষ্ঠার ১ নং উদাহরণ অনুযায়ী বাহির করিতে হইবে।

উদাহরণ 2. বৃহত্তর ব্যাস 2 ইঞ্চি, ক্ষুদ্রতর ব্যাস $1\frac{1}{4}$ ইঞ্চি, টেপার অংশের দৈর্ঘ্য 4 ইঞ্চি, পুরা জবের দৈর্ঘ্য 6 ইঞ্চি। অফ-সেট বাহির কর।

$$\text{অফ-সেট}=\frac{\text{বড় ব্যাস}-\text{ছোট ব্যাস}}{2\times\text{টেপার অংশের দৈর্ঘ্য}}\times\text{সম্পূর্ণ জবের দৈর্ঘ্য}$$

$$=\frac{2-1\frac{1}{4}}{2\times4}\times6=\frac{\frac{3}{4}}{8}\times6=\frac{3}{4}\times\frac{1}{8}\times6=0\cdot5625\ \text{ইঞ্চি}।$$

টেলষ্টক সরাইয়া টেপার কাটিবার পদ্ধতি

উপরিউক্ত পদ্ধতিতে হিসাব করিয়া যাহা পাওয়া যাইবে প্রথমে টেলষ্টক সেণ্টারটিকে যতদূর সম্ভব ততটা পরিমাণ সরাইয়া বস্তুটি যথারীতি কাটিতে হইবে। টেপারের ছোট দিকটি গেজে (Gauge) ঢুকিয়া গেলে বস্তুটি একবার পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে এবং কোন ত্রুটি থাকিলে টেলষ্টক সেণ্টারকে অল্প একটু সরাইয়া ত্রুটি সংশোধন করিয়া লইতে হইবে।

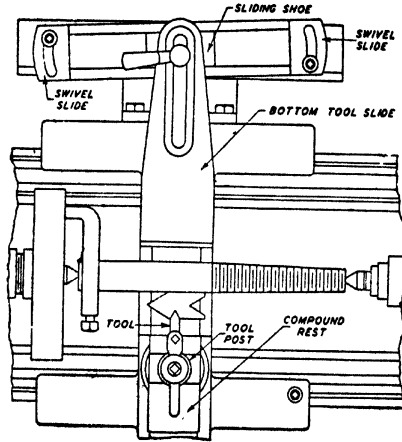
টেলষ্টক সরাইয়া টেপার টার্ণিং-এর ত্রুটি :—টেলষ্টক সেণ্টারটি সরানর পর সেণ্টারদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখা বেডের সহিত কোণ উৎপন্ন করিলেও সেণ্টারদ্বয়ের প্রত্যেকটির অক্ষ লেদের অক্ষের সমান্তরালই থাকিয়া যায়। ইহার ফলে মালে যে 'সেণ্টার হোল' করা থাকে টেপার টার্ণিং-এর সময় মালটিকে আলে ঠিক তাহার বশে ধরা না যাওয়ায় সেণ্টার হোলটি বিকৃত হইয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে। অবশ্য বল পয়েণ্ট সেণ্টার (৩১ নং চিত্রের E) ব্যবহার করিয়া ইহা দূর করা যায়। এই পদ্ধতিতে টেলষ্টক সেণ্টার সরানর পরিমাণ বস্তুর দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে। সুতরাং বস্তুগুলির দৈর্ঘ্য একটু ছোট-বড় হইলে টেলষ্টককে প্রতিবার ঠিকমত সেট করিতে হইবে। এই পদ্ধতিতে একই টেপার অনেকগুলি কাটিতে হইলে প্রতিটি বস্তুর দৈর্ঘ্য এবং সেণ্টার হোলের গভীরতা যাহাতে সমান হয় সেদিকে বিশেষ লক্ষ্য রাখিতে হইবে।

৪। **রিমার (Reamer) দ্বারা :—**সরু লম্বা টেপার হোল কাটিতে হইলে প্রথমে বোরিং টুলের সাহায্যে বোরটি রাফ (Rough) কাটিয়া লইতে হইবে, তাহার পর টেপার রিমার দ্বারা বোরটি ফিনিস করিতে হইবে।

৫। টেপার অ্যাটাচ্‌মেণ্ট (Taper attachment)

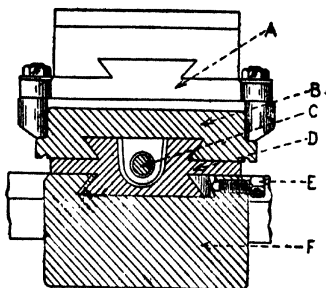
টেপার অ্যাটাচমেণ্ট ব্যবহারের সুবিধা :—টেপার অ্যাটাচ্‌মেণ্টের দ্বারা টেপার টার্ণিং ও টেপার বোরিং উভয় কাজই নিখুঁতরূপে করা যায়। ইহার দ্বারা টেপার কাটিলে টেলষ্টক সেণ্টার সরাইতে হয় না এবং বস্তুর দৈর্ঘ্যের তফাৎ হইলেও সেটিং বদলাইতে হয় না। ইহা ছাড়াও টেলষ্টক সেণ্টার সরাইয়া যত ডিগ্রী পর্যন্ত টেপার কাটা যায় ইহা দ্বারা তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী টেপার কাটা সম্ভব।

টেপার অ্যাটাচ্‌মেণ্ট কিরূপে কাজ করে?

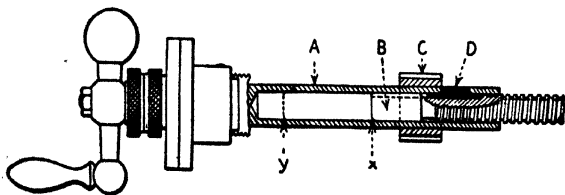
টেপার অ্যাটাচ্‌মেণ্ট (৫৯ নং চিত্র) সুইয়িভেল স্লাইড (Swivel Slide), স্লাইডিং সু (Sliding Shoe) ও টুল স্লাইড (Tool Slide) লইয়া গঠিত। টেপার কাটিবার সময় সুইয়িভেল স্লাইডটি লেদের পিছনদিকে বোল্ট দ্বারা আটকান হয়। সুইয়িভেল স্লাইডের উপর এরূপভাবে পথ কাটা থাকে যাহাতে স্লাইডিং সু ইহার উপর যাতায়াত করিতে পারে। স্লাইডিং সু-কে ক্যারেজের ক্রশ ফিড স্লাইডের সহিত একটি স্লাইড দ্বারা যুক্ত করা হয়।

৫৯ নং চিত্র

সুইয়িভেলিং স্লাইডটির একপ্রান্তে ডিগ্রীর মাপ করা থাকে। টেপার কাটিবার সময় সুইয়িভেলিং স্লাইডটিকে ডিগ্রীর মাপ দেখিয়া প্রদত্ত কোণে বাঁধিতে হয় এবং ক্রশ ফিড স্লাইডটিকে আলগা করিয়া দিতে হয়। ক্রশ ফিড স্ক্রুটি যে নাটের মধ্যে ঘোরে সেই নাটটি একটি বোল্ট দ্বারা ক্রশ স্লাইডে আঁটা থাকে। এই বোল্টটি খুলিয়া দিলে ক্রশ স্লাইড আলগা হইয়া যায়।

ক্যারেজটিকে যখন বেডের উপর চালিত করা হয় তখন বাটালিটি সুইয়িভেলিং স্লাইডের বশে সম্মুখে ও পিছনে যাতায়াত করে এবং ইহার ফলে টেপার কাটা হয়।

ক্রশ ফিড স্ক্রু নাটটি বার বার খোলা এবং আটকান অসুবিধাজনক। সেই জন্য কোন কোন মেসিনে স্যাড্‌ল ও ক্রশ স্লাইডের মাঝে আর একটি স্লাইডের ব্যবস্থা থাকে। মধ্যবর্তী স্লাইডকে টেপার স্লাইড বলে। ক্রশ স্লাইডটি টেপার স্লাইডের উপর ইচ্ছামত জায়গায় আটকাইয়া রাখিবার জন্য লক করিবার ব্যবস্থা থাকে। এইটি খুলিয়া দিলে ক্রশ স্লাইডটি হাতে ঠেলিয়া আগান পিছান যায়। প্লেন টার্ণিং-এর সময় এই লকটি আটকাইয়া রাখা হয়। টেপার টার্ণিং-এর সময় এই লকটি খুলিয়া দেওয়া হয়। ফলে ক্রশ ফিড স্ক্রুর নাটটি আলগা না করিয়াও ক্রশ স্লাইডটি টেপার অ্যাটাচ্‌মেণ্টের বশে আগান পিছান যায়।

৬০ নং চিত্র

৬০ নং চিত্র—F = স্যাড্‌ল B = ক্রশ স্লাইড, D = টেপার স্লাইড। প্লেন টার্ণিং-এর সময় স্ক্রু E টাইট দেওয়া থাকে। ফলে, B, D-এর উপর যাতায়াত করে। টেপার টার্ণিং-এর সময় স্ক্রু E-কে আলগা করিয়া B কে D-এর সহিত আটকাইয়া (Lock) উভয়কে একসাথে স্যাড্‌লের উপর যাতায়াত করান হয় এবং টেপার স্লাইড D-কে স্লাইডিং স্থ-এর সহিত যুক্ত করিয়া উহার গতি নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

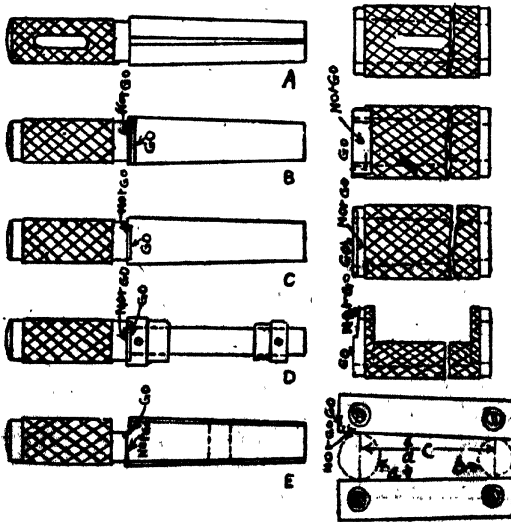
টেলিস্কোপিক টেপার অ্যাটাচ্‌মেণ্ট (Telescopic Taper Attachment)—এই প্রকার অ্যাটাচ্‌মেণ্টে ক্রশ স্লাইডটি স্লাইডিং স্থ-এর

৬১ নং চিত্র

টেলিস্কোপিক ফিড স্ক্রু—ক্রশফিড স্ক্রু B, স্লীভ A-এর ভিতর ঢুকিয়া যায়। ফিড স্ক্রুটি বর্ধিত হইয়া স্লাইডিং স্থ-এর সহিত যুক্ত থাকে। ইহার ফলে টেপার অ্যাটাচ্‌মেণ্টের বশে ক্রশ স্লাইডটি যাতায়াত করে। x এবং y সরলরেখা টেপারের ক্ষুদ্রতর ব্যাস ও বৃহত্তর ব্যাস কাটিবার সময় ফিড স্ক্রু কিরূপ অবস্থানে থাকে তাহা দেখাইতেছে। যে কোন অবস্থানেই ক্রশ স্লাইডটি স্বাভাবিক ভাবে চালান যায়। কারণ, D চাবিটি ক্রশ ফিড স্ক্রুর চাবির খাঁজে আটকান থাকায় উহা ক্রশফিড স্ক্রুকে ঘোরায়। ফলে, ক্রশ স্লাইডটি যাতায়াত করে।

সহিত যুক্ত না করিয়া ক্রশ ফিড স্ক্রুকে স্লাইডিং স্থ-এর সহিত যুক্ত করা হয়। ক্রশ ফিড স্ক্রু টেলিস্কোপিক ব্যবস্থা যুক্ত হয় অর্থাৎ ক্রশ ফিড স্ক্রুটি লম্বায় ছোট বড় হইতে পারে (৬১ নং চিত্র)। ফলে, ক্রশ ফিড স্ক্রুকে আলগা না করিলেও স্যুয়িভেল স্লাইডের বশে ক্রশ স্লাইড আগাইতে পিছাইতে পারে।

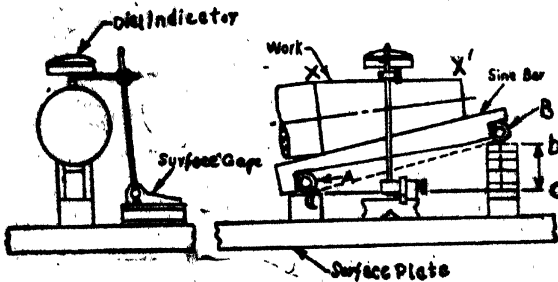
পাঠকবর্গের স্মরণ রাখা প্রয়োজন যে, টেপার টার্ণিং-এর সময় বাটালিটি সকল সময় ঠিক সেণ্টারে বাঁধিতে হইবে। তাহা না হইলে প্রতিবার কোপ দেওয়ার সঙ্গে টেপার কোণ পরিবর্তিত হইবে।

টেপার মাপিতে সাধারণতঃ কত রকমের লিমিট গেজ ব্যবহৃত হয়?

৬২ (A) নং চিত্রে প্রদর্শিত টেপার প্লাগ (Taper Plug) ও রিং গেজ (Ring Gage) কেবলমাত্র টেপারের পরিমাণ ঠিক হইয়াছে কিনা মাপিতে

৬২ নং চিত্র

ব্যবহৃত হয়। কিন্তু ইহা দ্বারা বৃহত্তর ব্যাস বা ক্ষুদ্রতর ব্যাসের মাপ ঠিক হইয়াছে কিনা বুঝিতে পারা যায় না। B নং ও C নং চিত্রে প্রদর্শিত প্লাগ ও রিং গেজে গো (Go) অর্থাৎ প্রবেশ এবং নট গো (Not Go) অর্থাৎ

অ-প্রবেশের দু'টি চিহ্ন থাকে। ইহার ফলে টেপারের ব্যাস নির্দিষ্ট টলারেন্সের মধ্যে থাকে।

D-তে প্রদর্শিত লিমিট প্লাগ ও রিং গেজে দুই দিকে দুইটি নিখুঁত টেপারের বুশ (Bush) থাকে। ফলে, টেপারটি সমস্ত গাত্রে না ধরিয়া কেবল মাত্র দুই প্রান্তে ধরে। এই প্রকার গেজে ফিট হইয়াছে কিনা বুঝিবার জন্য প্রুসিয়ান ব্লু, কার্বন পেপার বা ঐ জাতীয় কোন কিছুর দাগ লাগাইবার প্রয়োজন হয় না; বস্তুটি (রিং গেজের ক্ষেত্রে) বা প্লাগটি (টেপার হোল পরীক্ষার সময়) পার্শ্বের দিকে নড়ে কিনা দেখিয়া বুঝিতে পারা যায় টেপার ঠিক হইয়াছে কি না। প্লাগ গেজ ব্যবহারের সময় (বিশেষ করিয়া টেপার অ্যাঙ্গল কম হইলে) অনেক সময় প্লাগটি হোলের মধ্যে আটকাইয়া যাইতে দেখা যায়। D নং চিত্রে প্রদর্শিত গেজ ব্যবহার করিলে এই অসুবিধা হয় না। কিন্তু এই সকল কাজে, বিশেষ করিয়া গর্তটি যখন পাচার নহে, তখন ৬২ (E) নং চিত্রে প্রদর্শিত গেজ ব্যবহার করিলে সর্বাপেক্ষা ভাল ফল পাওয়া যায়। এই প্রকার গেজের দুই পার্শ্বে ফ্ল্যাট করা। ফলে, ইহার মধ্য দিয়া বাতাস গর্তের ভিতর প্রবেশ করিতে পারে বলিয়া, প্লাগটি গর্তে আটকাইয়া যায় না। তবে এই প্রকার প্লাগ ল্যাপিং (Lapping) করিতে অসুবিধা হয়। ৬২ (E) নং চিত্রের ডানদিকে অবস্থিত গেজের a এবং b চাকতি দুইটি কেন্দ্রকে হিসাব মাফিক দূরত্বে বসাইয়া এবং উহাদের দুই পার্শ্বে দুইটি সিধা পার্শ্ব বিশিষ্ট বস্তু বসাইয়া নিখুঁতভাবে টেপার মাপা যায়।

৬৩ নং চিত্র

টেপার কিরূপে পরীক্ষা করা হয়?

ক। সাইন বার পদ্ধতি (The Sine bar method)—(৬৩ নং চিত্র)

সাইন বার যদি ঠিকমত সেট হয়, তাহা হইলে X এবং X'-এ

ইনডিকেটারে একই রিডিং (Reading) হইবে অর্থাৎ একই মাপ নির্দেশ করিবে।

উদাহরণ—$\frac{1}{2}$ ইঞ্চি টুইষ্ট ড্রিলে শ্যাঙ্কে (Shank) 1 নম্বর মোর্স টেপার কাটিতে হইবে।

প্রথম পদ্ধতি—৬৩নং চিত্রে $bc = \frac{bc}{ab} \times ab =$ সাইন $\angle bac \times ab$

= টেপারের অন্তর্ভূ'ত কোণের সাইন × সাইন বারের দৈর্ঘ্য।

সুতরাং bc উচ্চতা পাইতে হইলে, টেপারের অন্তর্ভূ'ত কোণ জানা প্রয়োজন। প্রতিফুট টেপারকে 24 দ্বারা ভাগ করিলে যে ভাগফল হইবে, তাহা কত ডিগ্রী ট্যানজেণ্টের মান দেখিলে টেপারের অন্তর্ভূ'ত কোণের অর্ধেক পাওয়া যাইবে। টেপারের এক পার্শ্বের কোণ অর্থাৎ অন্তর্ভূ'ত কোণের অর্ধেককে 2 দ্বারা গুণ করিলে টেপারের অন্তর্ভূ'ত কোণ পাওয়া যায়।

সুতরাং A এবং B প্লাগ দুইটির উচ্চতার তফাৎ পাইতে হইলে নিম্নোক্ত তিন ধাপে উহা বাহির করিতে হইবে—

প্রথম ধাপ $\frac{\text{ফুট প্রতি টেপার}}{24}$ = টেপারের অন্তর্ভূ'ত কোণের অর্ধেকের অর্থাৎ টেপারের এক পার্শ্বের কোণের ট্যানজেণ্ট। টেপারের অন্তর্ভূ'ত কোণের অর্ধেক × 2 = টেপারের অন্তর্ভূ'ত কোণ।

দ্বিতীয় ধাপ—টেপারের অন্তর্ভূ'ত কোণের সাইনের মান (Value)।

তৃতীয়ধাপ—টেপারের অন্তর্ভূ'ত কোণের সাইনের মান × সাইন বারের দৈর্ঘ্য।

আলোচ্যমান উদাহরণে প্রতি ফুটে টেপার 0·600 ইঞ্চি। (1 নং মোর্স টেপারের প্রতি ফুটে টেপার উহাই) এবং সাইন বারের দৈর্ঘ্য 5 ইঞ্চি ধরিলে A এবং B প্লাগ দুইটির উচ্চতার তফাৎ দাঁড়ায়—

$\frac{\text{প্রতি ফুটে টেপার}}{24} = \frac{0·600}{24} = 0·025$ ইঞ্চি ॥ ট্যান $1°-26' = 0·025$

$1°-26' \times 2 = 2°-52'$ সাইন $2°-52' = 0·050$

টেপারের অন্তর্ভূ'ত কোণের সাইনের মান × সাইন বারের দৈর্ঘ্য $= 0·050 \times 5 = ·250$

A এবং B প্লাগ দুইটির উচ্চতার তফাৎ $= bc = ·250$ ইঞ্চি।

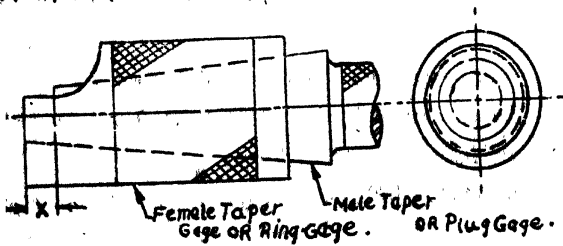
দ্বিতীয় পদ্ধতি—প্রতি ফুটের টেপারকে 12 দ্বারা ভাগ করিয়া ভাগফলকে সাইন বারের দৈর্ঘ্য দ্বারা গুণ করিতে হইবে।

সূত্র : সাইন বারের দুই প্রান্তের উচ্চতার তফাৎ

$$=\frac{\text{প্রতি ফুটের টেপার}}{12}\times \text{সাইন বারের দৈর্ঘ্য।}$$

আলোচ্যমান উদাহরণে $bo=\frac{0.600}{12}\times 5=.250$ ইঞ্চি।

খ। মাস্টার টেপার গেজ (The Master Taper Gage)—মেল (Male) বা ফিমেল (Female) মাস্টার টেপার গেজ টেপারের পরিমাণ এবং টেপারের মাপ পরীক্ষা করিতে ব্যবহৃত হয়। টেপার প্লাগের লম্বা দিকে তিন জায়গায় প্রুসিয়ান ব্লু (Prussion Blue) বা খড়ির দাগ দেওয়া হয় এবং যে টেপার হোলটি কাটা হইতেছে উহার মধ্যে বসাইয়া প্লাগটি ঘোরান হয়। টেপার যদি ঠিক কাটা হয় তাহা হইলে ব্লু বা চকের দাগ হইতে বুঝিতে পারা যাইবে প্লাগটি দৈর্ঘ্য বরাবর সমান ভাবে হোলটি স্পর্শ করিয়াছে। যদি টেপার ঠিক না হয় তাহা হইলে যে দিক কম কাটিয়াছে সেই দিকের দাগ উঠিয়া যাইবে। তখন মেসিনের টেপার অ্যাঙ্গল পুনরায় সেট করিতে হইবে। এই ভাবে পরীক্ষা করিয়া ফিনিস (Finish) অর্থাৎ শেষ কোপ দিবার পূর্বে মেসিনের টেপার অ্যাঙ্গল সেট করিতে হইবে।

যখন রিং গেজ সাহায্যে কোন টেপার পরীক্ষা করা হয়, তখন সাবধান হইতে হইবে যাহাতে বেশী চাপ না লাগে। কারণ, তাহা না হইলে গেজে আঁচড় পড়িয়া যাইবে ও গেজের নিখুঁতত্ব নষ্ট হইয়া যাইবে।

৬৩ নং চিত্র—মাষ্টার টেপার গেজ

মাস্টার গেজ সাহায্যে টেপারের মাপ নির্ণয় করা বলিতে টেপার অংশ হইতে কতটা মাল কাটিতে হইবে, তাহা নির্ণয় করা বোঝায়। টেপার অংশ দুইটির একটি অপরটির মধ্যে কতটা প্রবেশ করিবে, সেই মাপের দ্বারা ইহা নির্ণয় করা

হয়। উদাহরণ স্বরূপ ধরা যাক একটি 3 নম্বর মোর্স টেপার প্লাগ টার্ণিং করিতে হইবে, যাহাতে গ্রাইণ্ডিং-এর ফিনিস করিবার উদ্দেশ্যে 0·015 (পনের হাজার) ইঞ্চি মাল রাখিয়া দিতে হইবে। টেপার প্লাগটি ফিনিস মাপে টার্ণি করিলে প্লাগের ক্ষুদ্রতর ব্যাস রিং গেজের ক্ষুদ্রতর ব্যাসের সহিত মিলিয়া যাইত। কিন্তু এক্ষেত্রে পনের হাজার মাল গ্রাইণ্ডিং করিবার উদ্দেশ্যে রাখিয়া দেওয়ার জন্য রিং গেজের ক্ষুদ্রতর প্রান্ত হইতে কিছুদূরে আসিয়া আটকাইয়া যাইবে। কতদূরে আটকাইয়া যাইবে তাহা নিম্নোক্তরূপে বাহির করা যায়। 3 নম্বর মোর্স টেপারের তালিকা দেখিলে দেখা যাইবে ইহা প্রতি ইঞ্চিতে 0·050 ইঞ্চি টেপার।

'050 ইঞ্চি টেপার 1 ইঞ্চিতে

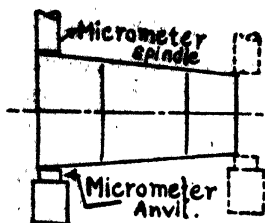
$\therefore$ 1 ,, ,, $\frac{1}{'050}$ ইঞ্চিতে

$\therefore$ '015 ,, ,, $\frac{'015}{'050}=\frac{3}{10}='300$ ইঞ্চিতে।

সুতরাং প্লাগটি রিং গেজের ক্ষুদ্রতর প্রান্ত হইতে '3000 ইঞ্চি অর্থাৎ প্রায় $\frac{5}{16}$ ইঞ্চি দূরে আটকাইয়া যাইবে।

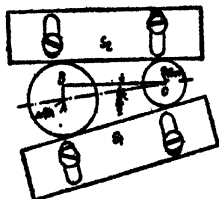
যদি খানিকটা টেপার কাটিবার পর নির্ণয় করিতে হয় আর কতটা মাপ কাটিতে হইবে, তাহা হইলে ক্ষুদ্রতর প্রান্তের বর্তমান মাপ হইতে ক্ষুদ্রতর প্রান্তের ফিনিস মাপ বিয়োগ দিয়া, বিয়োগফলকে 2 দ্বারা ভাগ দিলে উহা পাওয়া যাইবে। উদাহরণ স্বরূপ 3 নম্বর মোর্স টেপারের ক্ষুদ্রতর প্রান্তের মাপ 0·778। এখন যদি দেখা যায় প্লাগের ক্ষুদ্রতর প্রান্তের বর্তমান মাপ '807 এবং গ্রাইণ্ডিং উদ্দেশ্যে উহাকে '015 ইঞ্চি বড় রাখিতে হইবে অর্থাৎ উহার ফিনিস মাপ (0·778+0·015)=0·793 ইঞ্চি করিতে হইবে, তাহা হইলে

$$\frac{0'807-0'793}{2}=\frac{0'014}{2}='007$$ ইঞ্চি আরও কোণ দিতে হইবে।

গ। মাইক্রোমিটার সাহায্যে—পূর্ব বর্ণিত পদ্ধতি দুইটির ন্যায় এই পদ্ধতিতে টেপারের মাপ ভালভাবে লওয়া যায় না। এই পদ্ধতিতে বৃহত্তর

৬৫ নং চিত্র

এবং ক্ষুদ্রতর প্রান্তের মাপ বাহির করিয়া মাইক্রোমিটারের সাহায্যে উহা মাপা হয়। এই পদ্ধতিতে লক্ষ্য রাখিতে হইবে, মাইক্রোমিটারের এন্‌ভিল (Anvil) ও স্পিণ্ডল বস্তুটিকে যে দুই বিন্দুতে স্পর্শ করে সেই দুই বিন্দুর সংযোজক সরল রেখা যেন বস্তুটির অক্ষের সহিত লম্ব হয়।

ঘ। দুইটি চাকৃতি ও সোজা পার্শ্ববিশিষ্ট দুইটি ব্লেডের সাহায্যে—

৬২ নং চিত্রে E-এর ডান পার্শ্বে অবস্থিত গেজের ন্যায় দেখিতে গেজের সাহায্যে নিখুঁতভাবে টেপার মাপা হয়। ব্লেড দুইটি হিসাবমাফিক দূরত্বে অবস্থিত চাকতি দুইটির গায়ে লাগাইয়া ঈপ্সিত কোণে সেট করা হয়।

৬৬ নং চিত্র

৬৬ নং চিত্রে বামদিকের চাকৃতিটির ব্যাস$=D_1$ ও ব্যাসার্ধ$=R_1$; ডানদিকের চাকতিটির ব্যাস D_2 ও ব্যাসার্ধ$=R_2$ এবং BC, S_2-এর সমান্তরাল।

$$\angle ACB=\frac{\text{ব্লেড দুইটির অন্তর্ভুক্ত কোণ}}{2}=\frac{\text{টেপারের অন্তর্ভুক্ত কোণ}}{2}=\frac{\alpha}{2}$$

$\frac{AB}{AC}=\sin\frac{\alpha}{2}$ কিন্তু $AB=R_1-R_2$ এবং AC=চাকৃতি দুইটির কেন্দ্রের দূরত্ব। সুতরাং $\frac{R_1-R_2}{\text{কেন্দ্র দুইটির দূরত্ব}}=\sin\frac{\alpha}{2}$

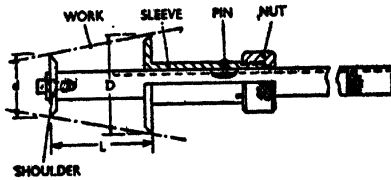
অর্থাৎ কেন্দ্র দুইটির দূরত্ব$=\frac{R_1-R_2}{\sin\frac{\alpha}{2}}=\frac{D_1-D_2}{2\sin\frac{\alpha}{2}}$

কোণ $\frac{\alpha}{2}$ নিম্নলিখিতভাবে বাহির করা যায়—

$$\tan\frac{\alpha}{2}=\frac{\text{প্রতি ফুটে টেপার}}{24}$$

উপরিউক্ত হিসাব হইতে আমরা দেখিতে পাই চাকৃতি দুইটির কেন্দ্রের দূরত্ব বাহির করিতে হইলে প্রথমে প্রতি ফুটের টেপারকে 24 দ্বারা

ভাগ করিয়া ভাগফল কত ডিগ্রী ট্যানজেন্টের মান তাহা ত্রিকোণমিতির তালিকা হইতে দেখিতে হইবে। পরে তত ডিগ্রী সাইনের যা মান (Value) তাহাকে দুই দ্বারা গুণ করিয়া গুণফল দ্বারা চাকতি দুইটির ব্যাসের বিয়োগফলকে ভাগ দিতে হইবে।

৬। অ্যাডজাষ্টেবল টেপার হোল গেজ (Adjustable tapered hole gage)—(৬৭ নং চিত্র)। একটি নিখুঁত মাপে গ্রাইণ্ডিং করা সিলিণ্ড্রি-

৬৭ নং চিত্র

ক্যাল (বেলনাকৃতি) রডের এক প্রান্তের অল্প একটু জায়গা অপেক্ষাকৃত কম ব্যাসের হয়। ইহার ফলে যে ধাপের সৃষ্টি হয় উহার গায় একটি চাকতি নাট দ্বারা আটকান থাকে। চাকতির বাহিরের পরিধি টেপারে কাটা থাকে। সিলিণ্ড্রিক্যাল রডের বৃহত্তর ব্যাসে একটি বৃহত্তর ব্যাসবিশিষ্ট চাকতি (যাহা সিলিণ্ড্রিক্যাল রডের বড় ব্যাসের উপর স্লাইড (Slide) অর্থাৎ যাতায়াত করিতে পারে এরূপ স্লীভের (sleeve) অংশবিশেষ)' থাকে। যাতায়াতের উদ্দেশ্যে স্লীভ ও রডের মধ্যে যে ক্লিয়ারেন্স অর্থাৎ ফাঁক থাকে তাহা যতদূর সম্ভব কম রাখা হয়, যাহাতে চাকতিটি রডের উপর হেলিয়া না গিয়া সকল সময় খাড়া অর্থাৎ লম্বভাবে থাকে। শেষোক্ত চাকতিটিরও পরিধি টেপারে কাটা থাকে এবং ইহাকে আগাইয়া পিছাইয়া বিভিন্ন টেপারের হোল মাপা যায়।

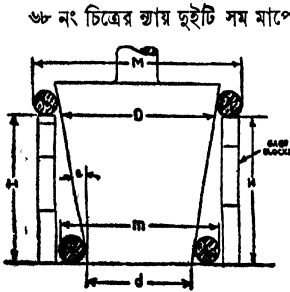
গেজটি নিম্নোক্তভাবে ব্যবহার করিতে হয়—

গেজটি টেপার হোলের মধ্যে এরূপ ভাবে ঢুকাইতে হয়, যাহাতে ছোট চাকতিটির সম্পূর্ণ পরিধি, হোলের সংস্পর্শে আসে। গেজটি এই অবস্থায় রাখিয়া বড় চাকতিটি রডের উপর দিয়া আনিয়া অনুরূপভাবে হোলের সংস্পর্শে আনিতে হয়। স্লীভের এক প্রান্তে অবস্থিত একটি নাটের সাহায্যে চাকতিটিকে ঐ জায়গায় আটকাইয়া রাখা হয়। স্লীভটির যে প্রান্তে নাট থাকে ঐ প্রান্ত চেরা থাকে এবং মুখের দিকে টেপার কাটা থাকে। নাটটিরও পিছনদিকে টেপার

কাটা থাকে। নাটটি টাইট দিলে নাটের টেপার অংশ স্লীভটিকে চাপিয়া ধরে এবং স্লীভটি চেরা থাকায় উহা স্প্রিং করিয়া রডের গায়ে চাপিয়া বসিয়া যায়। স্লীভটি যাহাতে ঘুরিয়া না যায় তজ্জন্য একটি পিন থাকে।

গেজটি এইবার বাহির করিয়া লইয়া দুইটি চাকৃতির ব্যাসের বিয়োগফলকে দুইটি চাকৃতির দূরত্ব দ্বারা ভাগ দিলে টেপারের হার (Rate of taper) জানিতে পারা যাইবে। উদাহরণ স্বরূপ যদি বড় চাকৃতির ব্যাস 2 ইঞ্চি, ছোট চাকৃতির ব্যাস 1 ইঞ্চি ও দুইটি চাকৃতির দূরত্ব 3 ইঞ্চি হয়, তাহা হইলে প্রতি ইঞ্চিতে $\left(\frac{2-1}{3}\right)=\frac{1}{3}=3{\cdot}33$ ইঞ্চি টেপার হইবে।

টেপার প্লাগের প্রতি ফুটে টেপার কিরূপে পরীক্ষা করা হয় ?

দুইটি চাকৃতি ও সোজা পার্শ্ব (Edge) বিশিষ্ট দুইটি ব্লেডের সাহায্যে কিরূপে ফুট প্রতি টেপার বাহির করা যায় তাহা পূর্বেই বর্ণনা করা হইয়াছে। এখানে আর একটি পদ্ধতি বর্ণনা করা হইবে।

৬৮ নং চিত্রের ন্যায় দুইটি সম মাপের সিলিণ্ড্রিক্যাল রোলারের (ষ্ট্রেট শ্যাঙ্ক ড্রিলের শ্যাঙ্ক বা ঐ ধরনের কোন জিনিস) উপর ক্ষুদ্রতর ও বৃহত্তর প্রান্তের নিকট মাপ লইতে হইবে। যে দুই জায়গায় মাপ লওয়া হয় উহাদের মধ্যে দূরত্ব নিখুঁতভাবে নির্মিত গেজ ব্লক সাহায্যে নিখুঁত ভাবে বাহির করা যায়। যখন M এবং m-এর মাপ এবং যে দুই জায়গায় মাপ লওয়া হইয়াছে উহাদের মধ্যে দূরত্ব (এক্ষেত্রে H) জানা থাকে, তখন নিম্নলিখিত ভাবে প্রতি ফুটের টেপার বাহির করা চলে।

৬৮ নং চিত্র

M-এর মাপ হইতে m-এর মাপ বিয়োগ করিয়া বিয়োগফলকে যে দুই জায়গায় মাপ লওয়া হইয়াছে তাহার দূরত্ব (এক্ষেত্রে H) দ্বারা ভাগ দিয়া ভাগফলকে 12 দ্বারা গুণ করিলে ফুট প্রতি টেপার পাওয়া যাইবে। উদাহরণ স্বরূপ ধরা যাক্ M=2·75 ইঞ্চি, m = 1·25 ইঞ্চি এবং H=4ইঞ্চি। তাহা হইলে

ফুট প্রতি টেপার=$(2·75-1·25)\times\frac{12}{4}=1·50\times\frac{12}{4}=4·5$ ইঞ্চি

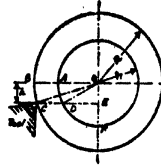
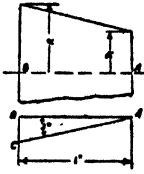
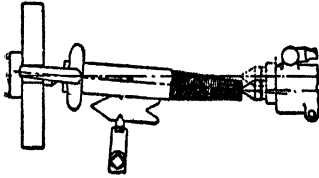
টেপার প্লাগ পরীক্ষার সময় সিলিণ্ড্রিক্যাল রোলারের উপর মাপ কিরূপে নির্ণয় করা হয় ?

M এর মাপ (৬৮ নং চিত্র) বা D এর মাপ নিম্নলিখিত সূত্র দুইটি সাহায্যে বাহির করা যায়—

(1) $M=D+W\ [1+\cot\frac{1}{2}(90-a)]$

(2) $D=M-W\ [1+\cot\frac{1}{2}(90-a)]$

টেপার টার্ণিং-এর সময় বাটালিটি ঠিক সেণ্টার করা না হইলে কি হয় ?

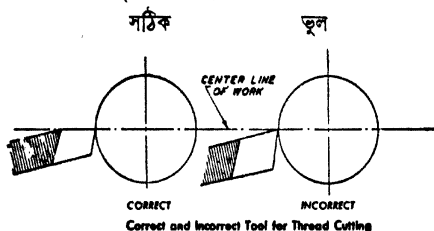
৬৯ নং চিত্রের য়েণ্ড ভিউ-এ (৬৯-ক) AB জবের মোট টেপারের অর্ধেক বোঝাইতেছে। সুতরাং বাটালিটি যদি ঠিক সেণ্টারে বাঁধা হয়, তাহা হইলে উহা A হইতে Bতে যাইতে AB দূরত্ব পিছাইয়া আসিবে। কিন্তু বাটালিটি যদি সেণ্টার হইতে h দূরত্ব নীচে বাঁধা হয়, তাহা হইলে বাটালিটি ঐ টেপারটি কাটিতে DC দূরত্ব পিছাইয়া আসিবে। DC, AB অপেক্ষা বড়। সুতরাং বাটালিটি যদি h দূরত্ব নীচে বাঁধা যায় এবং জবটির সম্পূর্ণ দৈর্ঘ্য টার্ণিং করার সময় AB-এর সমান দূরত্ব পিছাইয়া আসে, তাহা হইলে উহা টেপারের বৃহত্তর প্রান্ত বেশী কাটিবে অর্থাৎ টেপারের বৃহত্তর প্রান্তের ব্যাস ছোট হইয়া যাইবে। ফলে, টেপারের অ্যাঙ্গল পূর্বের অ্যাঙ্গল অপেক্ষা কমিয়া যাইবে। এই দুই টেপারের মধ্যে অ্যাঙ্গলের তফাৎ প্রকৃতপক্ষে কতটা হইবে তাহা টেপারের পরিমাণ, বৃহত্তর বা ক্ষুদ্রতর প্রান্তের যে কোন একটি ব্যাস এবং বাটালিটি কতটা নীচে বাঁধা হইয়াছে জানা থাকিলে বাহির করা যায়। পরের পৃষ্ঠার উদাহরণটি লক্ষ্য করিলে উহা বুঝা যাইবে।

৬৯ (ক) নং চিত্র ৬৯ (খ) নং চিত্র

৭০ নং চিত্র

উদাহরণ—একটি মাল কাটিতে টেপার অ্যাটাচ্‌মেণ্ট 3 ডিগ্রীতে সেট করা হইয়াছে কিন্তু বাটালিটি $\frac{1}{16}$ ইঞ্চি নীচে বাঁধা হইয়াছে। বস্তুটির ক্ষুদ্রতর প্রান্তের ব্যাস যদি $\frac{3}{4}$ ইঞ্চি হয়, তাহা হইলে প্রকৃতপক্ষে কত ডিগ্রী টেপার কাটা হইবে বাহির কর।

টেপারের অর্ধেক কোণ 3 ডিগ্রী। সুতরাং বাটালিটি 1 ইঞ্চি যাইতে (৬৯ (খ) নং চিত্র) BC দূরত্ব পিছাইয়া আসিবে।

সঠিক ভুল

Correct and Incorrect Tool for Thread Cutting

৭১ নং চিত্র থ্রেড কাটিবার সময় বাটালি বাঁধিবার নিয়ম

$BC = \frac{BC}{AB} \times AB =$ ট্যান $3° \times 1 = 0.0524$ ইঞ্চি

৬৯ (ক) নং চিত্র অনুযায়ী $DC = 0.0524$ ইঞ্চি, $OE = \frac{1}{16}$ ইঞ্চি এবং

$OD = \frac{3}{8}$ ইঞ্চি $\quad \therefore \quad DE = \sqrt{OD^2 - OE^2} = \sqrt{(\frac{3}{8})^2 - (\frac{1}{16})^2}$

$\sqrt{\frac{35}{256}} = 0.369$ ইঞ্চি

এখন $OC^2 = CE^2 + OE^2 = (CD + DE)^2 + OE^2$

$= (0.0524 + 0.369)^2 + (\frac{1}{16})^2$

$= (0.4214)^2 + (0.0625)^2 = 0.1737$

$\therefore \quad OC = \sqrt{.1737} = 0.416$ ইঞ্চি

যেহেতু $OC = OB \quad \therefore \quad AB = OB - OA = OC - OA$

$= 0.416 - 0.375$ (ক্ষুদ্রতর প্রান্তের ব্যাসার্ধ) $= 0.041$ ইঞ্চি।

অর্থাৎ বাটালিটি কেন্দ্র হইতে $\frac{1}{16}$ ইঞ্চি নীচে 0.0524 ইঞ্চি পিছাইলে কেন্দ্রে ব্যাসার্ধের তফাৎ হইবে 0.041 ইঞ্চি

সুতরাং টেপারটি যত ডিগ্রীর হইয়াছে তাহার অর্ধেক কোণের ট্যানজেণ্ট

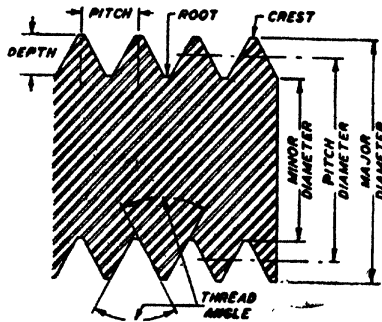
$= \frac{0.041}{1} = 0.041$. সুতরাং টেপারের অর্ধেক কোণ $= 2° - 21'$

এবং টেপারের অন্তর্ভূক্ত কোণ $= 4° - 42'$

ষষ্ঠ অধ্যায়

থ্রেড বা প্যাঁচ কাটা (Cutting Thread)

৭৮ নং চিত্রের ন্যায় হেডষ্টক স্পিণ্ডলের সহিত লিড স্ক্রুকে একশ্রেণী গিয়ার দ্বারা যুক্ত করিয়া লেদে থ্রেড (Thread) কাটা হয়। প্রতি ইঞ্চিতে কয়টি থ্রেড কাটিবে তাহা নির্ভর করে হেডষ্টক স্পিণ্ডল ও লিড স্ক্রুর আবর্তন সংখ্যার অনুপাতের উপর। কিরূপে লেদে এই অনুপাত বজায় রাখা হয় তাহা বর্ণনা করিবার পূর্বে থ্রেড সংশ্লিষ্ট কতকগুলি নামের সংজ্ঞা এবং প্রধান প্রধান কয়েক প্রকার থ্রেড সম্বন্ধে কিছু বলা হইবে।

প্যাঁচ (Thread)—একটি বেলনাকৃতি (Cylindrical) বা শঙ্কু অর্থাৎ মোচাকৃতি (Cone) বস্তুর উপর বা ভিতরের পৃষ্ঠে একই রকম আকৃতি

৭২ নং চিত্র

বিশিষ্ট শিরা (Ridge) যদি এরূপভাবে জড়ান থাকে যে উহা দৈর্ঘ্য বরাবর একই হারে আগাইয়া যায়, তাহা হইলে উহাকে স্ক্রু বলে এবং জড়ান শিরাকে থ্রেড (Thread) বা প্যাঁচ বলে।

বহির্দ্দিকস্থ প্যাঁচ (External Thread) :—যে প্যাঁচ বস্তুর বহিঃপৃষ্ঠে কাটা হয় তাহাকে বহির্দ্দিকস্থ প্যাঁচ বলে। যেমন—বল্ট (Bolts)

অভ্যন্তরস্থ প্যাঁচ (Internal Thread) :—যে প্যাঁচ বস্তুর ভিতরের পৃষ্ঠে কাটা হয় তাহাকে অভ্যন্তরস্থ প্যাঁচ বলে। যেমন—নাট (Nut)।

মেজর বা আউটসাইড ডায়্যামিটার (Major or Outside Diameter) :—(৭২ নং চিত্র দেখ) প্যাঁচ বা স্ক্রুর সর্বাপেক্ষা বড় ব্যাসকে মেজর বা আউটসাইড ডায়্যামিটার বলে।

মাইনর বা কোর ডায়্যামিটার (Minor or Core Diameter) :—৭২ নং চিত্র) প্যাঁচ বা স্ক্রুর সর্বাপেক্ষা ছোট ব্যাসকে মাইনর বা কোর ডায়্যামিটার বলে।

পিচ (Pitch) :—(৭২ নং চিত্র) স্ক্রুর অক্ষের সমান্তরালভাবে একটি থ্রেডের উপরে একটি বিন্দু হইতে ঠিক পরবর্তী থ্রেডের উপর অনুরূপ বিন্দুর দূরত্বকে পিচ বলে। ইহা এককে ইঞ্চি প্রতি থ্রেডের সংখ্যা দ্বারা ভাগ দিলে পাওয়া যায় ; এর্থাৎ

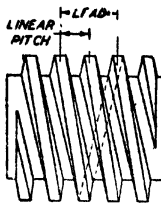
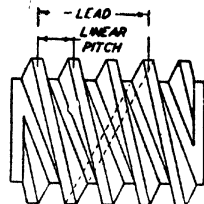
$$\text{পিচ} = \frac{1}{\text{ইঞ্চি প্রতি থ্রেডের সংখ্যা}}$$

পিচ ডায়্যামিটার (Pitch Diameter) :—(৭২ নং চিত্র) স্ক্রুর যে কাল্পনিক ব্যাসে প্যাঁচের (Thread) প্রস্থ (Thickness) এবং ফাঁকের (Gap) প্রস্থ সমান হয় তাহাকে পিচ ডায়্যামিটার বলে।

লিড (Lead) :—(৭৩, ৭৪ ও ৭৫ নং চিত্র) একপাক ঘোরাইলে একটি নাট (Nut) স্ক্রুর উপর অক্ষের সমান্তরালভাবে যতটা দূরত্ব আগাইয়া যায় তাহাকে লিড বলে। ইহা স্ক্রুর অক্ষের সমান্তরালভাবে কোন থ্রেডের উপরে একটি বিন্দু হইতে ঐ একই থ্রেডের উপর সর্বাপেক্ষা নিকটস্থ অনুরূপ আর একটি বিন্দুর দূরত্বের সমান। একপন্থাবিশিষ্ট থ্রেডে লিড এবং পিচ সমান। দু'পন্থাবিশিষ্ট থ্রেডে লিড পিচের দ্বিগুণ। তিনপন্থাবিশিষ্ট থ্রেডে লিড পিচের তিনগুণ।

হাত (Hand) :—যখন একটি নাট্‌কে ঘড়ির কাঁটা যেদিকে ঘোরে সেইদিকে ঘোরাইলে স্ক্রুর ভিতর দিকে আগাইতে থাকে তখন তাহাকে ডানহাতি প্যাঁচ (Right-handed Thread) বলে। আর যখন ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘোরাইলে নাটটি স্ক্রু হইতে খুলিয়া আসে তখন তাহাকে বামহাতি প্যাঁচ (Left-handed Thread) বলে। ইহা চিনিবার সহজ উপায়

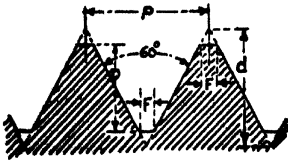
হইতেছে যে, একটি স্ক্রুকে সম্মুখে ধরিলে দেখা যাইবে ডানহাতি প্যাচের ঢাল ডানদিকে নামিয়া গিয়াছে আর বামহাতি প্যাচের ঢাল বামদিকে নামিয়া গিয়াছে।

একাধিক পন্থাবিশিষ্ট প্যাচ (**Multiple Screw Threads**) :— ৭৩ নং চিত্রের ন্যায় যখন কোন বস্তুর উপর একটিমাত্র প্যাচ (Thread)

৭৩ নং চিত্র ৭৪ নং চিত্র ৭৫ নং চিত্র

পাকাইয়া পাকাইয়া আগাইয়া যায় তখন তাহাকে একপন্থাবিশিষ্ট প্যাচ (Single Start Thread) বলে। ৭৪ নং চিত্রের ন্যায় যখন পরস্পর ঠিক বিপরীত দিক হইতে আরম্ভ করিয়া দুইটি প্যাচ পাশাপাশি পাক খাইতে খাইতে আগাইয়া যায় তখন তাহাকে দু'পন্থাবিশিষ্ট প্যাচ (Double start Thread) বলে। তিনপন্থার (Triple Start) ক্ষেত্রে (৭৫ নং চিত্র) সমদূরে তিনটি প্যাচ আরম্ভ হয়। যখন একাধিক জায়গা হইতে প্যাচ আরম্ভ হয় তখন তাহাকে বহুপন্থাবিশিষ্ট প্যাচ (Mnltiple Start Thread) বলে।

টাম্বলার গিয়ার (**Tumbler Gear**) :—৭৯ নং চিত্রে স্পিণ্ডলকে এক শ্রেণী গিয়ার দ্বারা লিড স্ক্রু বা ফিড রডের সহিত কিরূপে যুক্ত করা হয়, তাহা দেখান হইয়াছে। গিয়ার 1 স্পিণ্ডলের সহিত চাবি দ্বারা আঁটা এবং ইহা টাম্বলার গিয়ারদ্বয়ের একটি 2-এর মাধ্যমে ষ্টাডের ভিতরকার গিয়ার 3-কে (যাহা ষ্টাড সাফ্‌টের সহিত স্থায়ীভাবে আঁটা থাকে) ঘোরায়। এই গিয়ারদ্বয়কে (৭৯ নং চিত্রের ২, ২) টাম্বলার গিয়ারশ্রেণী (Tumbler Gear Train) বা রিভার্স গিয়ারশ্রেণী (Reverse Gear Train) বলে।

বিভিন্ন প্রকারের প্যাঁচ (Types of Threads) :—

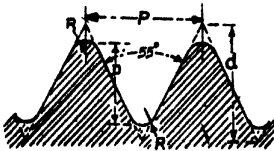
AMERICAN NATIONAL SCREW THREAD FORM.

(1) পিচ $=\dfrac{1}{\text{প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেডের সংখ্যা}}$

গভীরতা D = পিচ × 0·64952.

থিওরিটিক্যাল গভীরতা d = পিচ × 0·866.

ফ্ল্যাট F = পিচ × 0·125 $=\dfrac{\text{পিচ}}{8}$

কোণ = 60° ডিগ্রী

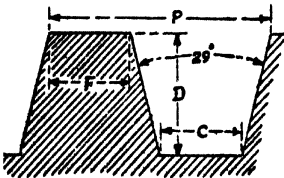
WHITWORTH STANDARD SCREW THREAD

(2) পিচ $=\dfrac{1}{\text{প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেডের সংখ্যা}}$

গভীরতা D = পিচ × 0·6403.

থিওরিটিক্যাল গভীরতা d = পিচ × 0·96.

ব্যাসার্ধ R = পিচ × 0·1373.

কোণ = 55° ডিগ্রী।

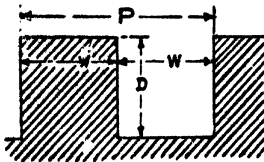
AMERICAN NATIONAL ACME THREAD

(3) পিচ P $=\dfrac{1}{\text{প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেডের সংখ্যা}}$

গভীরতা D = ½ পিচ + 0·01 ইঞ্চি

ফ্ল্যাট F = পিচ × 0·3707.

ফ্ল্যাট C = (পিচ × 0·3707) − 0·0052

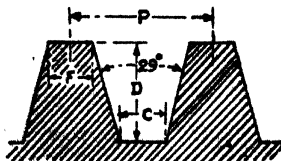
কোণ = 29° ডিগ্রী।

SQUARE THREAD

(4) পিচ P $=\dfrac{1}{\text{প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেডের সংখ্যা}}$

গভীরতা D = ½ × পিচ

স্ক্রু-এর প্রস্থ W = ½ × পিচ

নাটে থ্রেডের গ্রুভের প্রস্থ = ½ × পিচ + ·001 হইতে ·002 ইঞ্চি (ক্লিয়ারেন্স)

29° WORM THREAD (BROWN & SHARPE)

(5) পিচ P $=\dfrac{1}{\text{প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেডের সংখ্যা}}$

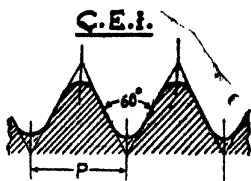
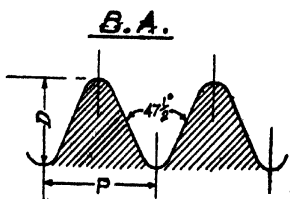
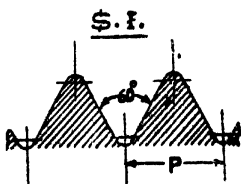
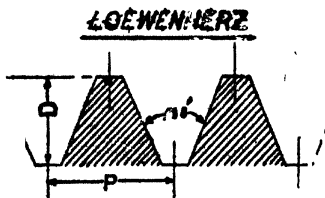
গভীরতা D = পিচ × 0·6866,

প্রস্থ F = পিচ × 0·335.

প্রস্থ C = পিচ × 0·310,

কোণ = 29° ডিগ্রী।

১৬ নং চিত্র

সাইকেল ইঞ্জিনিয়ার্স ইন্সটিটিউট

(6) পিচ $P = \dfrac{1}{\text{প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেডের সংখ্যা}}$

গভীরতা $D =$ পিচ $\times 0{\cdot}5327$.

ব্যাসার্ধ $R =$ পিচ $\times 0{\cdot}1665$.

কোণ $= 60°$ ডিগ্রী।

ব্রিটিশ অ্যাসোসিয়েশন্

(7) পিচ $P = \dfrac{1}{\text{প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেডের সংখ্যা}}$

গভীরতা $D =$ পিচ $\times 0{\cdot}6$

থিওরিটিক্যাল গভীরতা $d =$ পিচ $\times 1{\cdot}136$.

ব্যাসার্দ্ধ $R =$ পিচ $\times 0{\cdot}182$.

কোণ $= 47\frac{1}{2}°$ ডিগ্রী।

সিস্টেম ইণ্টারন্যাশনাল

(8) পিচ $P = \dfrac{1}{\text{প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেডের সংখ্যা}}$

গভীরতা $D =$ পিচ $\times 0{\cdot}7036$

ফ্ল্যাট $F =$ পিচ $\times \frac{1}{8}$

কোণ $= 60°$ ডিগ্রী

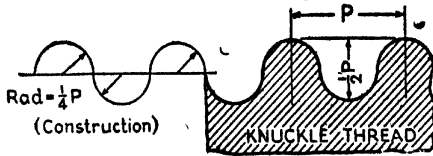
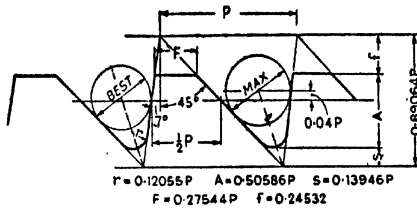
লাওয়েনহার্জ

(9) পিচ $P = \dfrac{1}{\text{প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেডের সংখ্যা}}$

গভীরতা $D =$ পিচ $\times 0{\cdot}75$,

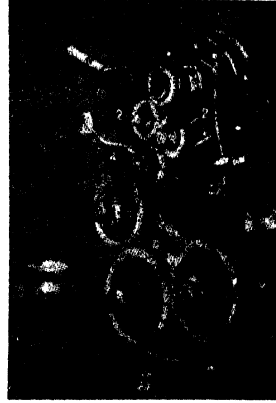
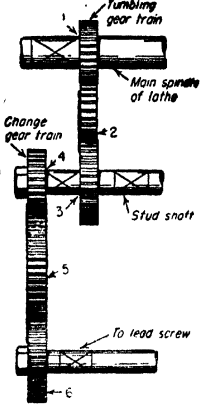
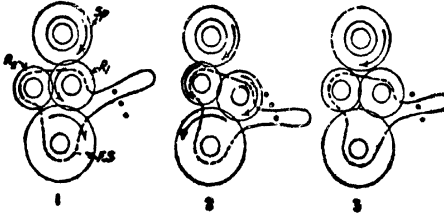
কোণ $= 53°$ ডিগ্রী $- 8'$ মিনিট ।

১১ নং চিত্র

নাকল্ থ্রেড (Knuckle Thread)

বাট্রেস থ্রেড (Buttress Thread)

৭৮ নং চিত্র

৮০ নং চিত্রে টাম্বলার গিয়ারশ্রেণীর কার্যকারিতা দেখান হইয়াছে। টাম্বলার গিয়ার B_1, B_2 (৭৯ নং চিত্রের 2, 2) একটি ব্র্যাকেটে বসান থাকে এবং ব্র্যাকেটটি ষ্টাড সাফ্টে এরূপভাবে অবস্থিত থাকে যাহাতে ষ্টাড সাফটকে কেন্দ্র করিয়া ঘোরান যায়। টাম্বলার গিয়ার দু'টি সর্বদা পরস্পরের সহিত যুক্ত থাকে। ব্র্যাকেটটিকে একটি হাতলের দ্বারা ঘোরাইলে স্পিণ্ডলের গিয়ার কোন সময় ৮০ (1) নং চিত্রের ন্যায় একটি টাম্বলার গিয়ারের দ্বারা, কোন সময় ৮০ (2)-এর ন্যায় দু'টি টাম্বলার গিয়ার দ্বারা ষ্টাডের ভিতরকার গিয়ারের সহিত যুক্ত হয়। ইহার ফলে টাম্বলার গিয়ার হাতলের অবস্থা অনুযায়ী ষ্টাড সাফ্ট গিয়ার F_3 (৭৯ নং চিত্রের 3) ৮০ (1)নং চিত্রের ন্যায় ডানদিকে বা ৮০ (2) নং চিত্রের ন্যায় বামদিকে ঘোরে। টাম্বলার গিয়ার হাতলের অবস্থান ৮০ (3) নং চিত্রের ন্যায় হইলে টাম্বলার গিয়ার দু'টি স্পিণ্ডলের গিয়ার হইতে ছাড়িয়া যায়, ইহার ফলে তখন স্পিণ্ডল ঘুরিলেও ষ্টাড সাফ্ট আর ঘোরে না।

চেঞ্জ গিয়ার :—৭৯ নং চিত্রের ষ্টাডের বাহিরের দিকের গিয়ার 4 ষ্টাড সাফ্‌টের সহিত চাবি দ্বারা আটকান থাকায় স্থায়ী ষ্টাড গিয়ার 3 ঘুরিলে ইহাও

৭৯ নং চিত্র

ঘোরে। ষ্টাড গিয়ার 4 আইড্‌লার গিয়ার 5 ও B-এর মাধ্যমে লিড স্ক্রু গিয়ার 6-কে ঘোরায়। 4, 5, B ও 6 গিয়ার সকলকে ইচ্ছামত পরিবর্তন করা চলে

৮০ নং চিত্র

বলিয়া ইহাদের প্রত্যেককে চেঞ্জ গিয়ার ও এই গিয়ার শ্রেণীকে একত্রে চেঞ্জ গিয়ার শ্রেণী বলে। অর্থাৎ যে গিয়ারশ্রেণী দ্বারা ষ্টাড্‌ ও লিড্‌ স্ক্রু সাফ্‌টকে যুক্ত করা হয়, তাহাকে চেঞ্জ-গিয়ারশ্রেণী (Change Gear Train) বলে।

চেঞ্জ গিয়ার নির্ণয় (Selection of Change Gears) :—পূর্বেই বলা হইয়াছে হেডষ্টক স্পিণ্ডলের আবর্তন সংখ্যার সহিত লিড স্ক্রুর আবর্তন সংখ্যার অনুপাতের উপর লেদে প্যাচ কাটা সম্পূর্ণ নির্ভর করে। লেদে এই অনুপাত কিরূপে রক্ষা করা হয় এখন সেই সম্বন্ধে আলোচনা করা হইবে।

ধরা যাক, 1 ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড কাটিতে হইবে এবং লিড স্ক্রুতে প্রতি ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড আছে, অর্থাৎ লিড স্ক্রুর লিড $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি (যেহেতু লিড স্ক্রু একপন্থাবিশিষ্ট)। ইহা করিতে হইলে হেডষ্টক স্পিণ্ডল যতক্ষণে 4 পাক ঘুরিবে ক্যারেজকে সেই সময়ের মধ্যে 1 ইঞ্চি আগাইতে হইবে। কিন্তু আমরা জানি নাটকে (Nut) এক পাক ঘোরাইলে ইহা স্ক্রুর লিডের সমান দূরত্ব আগাইয়া যায়। এক্ষেত্রে লিড স্ক্রুর লিড $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি অর্থাৎ লিড স্ক্রুকে এক পাক ঘোরাইলে ক্যারেজটি $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি আগাইয়া যাইবে। সুতরাং ক্যারেজকে 1 ইঞ্চি পরিমাণ দূরত্ব আগাইতে হইলে লিড স্ক্রুকে 4 পাক ঘোরাইতে হইবে। সুতরাং প্রতি ইঞ্চিতে চারিটি থ্রেড কাটিতে হইলে হেডষ্টক স্পিণ্ডল ও লিড স্ক্রু উভয়েই চারপাক করিয়া ঘুরিবে অর্থাৎ হেডষ্টক স্পিণ্ডল ও লিড স্ক্রু উভয়কে একই হারে ঘোরাইতে হইবে; ইহা করিতে হইলে হেডষ্টক স্পিণ্ডল ও লিড স্ক্রুকে পরস্পরের সহিত সমান সংখ্যক দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার দ্বারা যুক্ত করিতে হইবে।

পুনরায় মনে করা যাক, ঐ একই লেদে প্রতি ইঞ্চিতে 8টি থ্রেড কাটিতে হইবে। তাহা হইলে হেডষ্টক স্পিণ্ডল যতক্ষণে 8 পাক ঘুরিবে লেদ ক্যারেজকে সেই সময়ের মধ্যে 1 ইঞ্চি আগাইতে হইবে, অর্থাৎ লিড স্ক্রুকে 4 পাক ঘোরাইতে হইবে। ইহা করিতে হইলে হেডষ্টক স্পিণ্ডল ও লিড স্ক্রুকে এরূপ দুইটি গিয়ার দ্বারা যুক্ত করিতে হইবে যেন হেডষ্টক স্পিণ্ডলের গিয়ারের দাঁতের সংখ্যা লিড স্ক্রুর গিয়ারের দাঁতের সংখ্যার অর্ধেক হয়, কারণ একমাত্র তাহা হইলেই স্পিণ্ডলটি 2 পাক ঘুরিলে লিড স্ক্রু 1 পাক ঘুরিবে অর্থাৎ হেডষ্টক স্পিণ্ডল 8 পাক ঘুরিলে লিড স্ক্রু 4 পাক ঘুরিবে।

সুতরাং আমরা দেখিতে পাইতেছি—

$$\frac{4}{8}=\frac{\text{ইঞ্চি প্রতি লিড স্ক্রুর থ্রেডের সংখ্যা}}{\text{ইঞ্চি প্রতি যতগুলি থ্রেড কাটিতে হইবে সেই সংখ্যা}}$$

$$=\frac{\text{স্পিণ্ডলের গিয়ার}}{\text{লিড স্ক্রুর গিয়ার}}=\frac{\text{চালক (Driver)}}{\text{চালিত (Driven)}}$$

উপরের সূত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে, যদি 4 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার স্পিণ্ডলে এবং 8 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার লিড স্ক্রুতে দিয়া উভয়কে একটি আইড্লার (Idler) গিয়ার দ্বারা যুক্ত করিয়া থ্রেড কাটা যায় তাহা হইলে প্রতি ইঞ্চিতে 8টি থ্রেড কাটিবে। কিন্তু 8টি বা 4টি দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার সাধারণতঃ হয় না। সুতরাং মেসিনের সঙ্গে যে সমস্ত গিয়ার থাকে তাহাদের মধ্য হইতে এরূপ দুইটি গিয়ার বাহির করিতে হইবে যাহাদের অনুপাত $\frac{4}{8}$। ইহা পাইতে হইলে উপরিউক্ত $\frac{4}{8}$ অর্থাৎ $\frac{1}{2}$ এই অনুপাতটির হর এবং লবকে সুবিধামত এরূপ একটি সংখ্যা দ্বারা গুণ করিতে হইবে যে, অনুপাতের উপর এবং নীচের উভয় সংখ্যাই মেসিনের সহিত যে গিয়ার থাকে তাহার একটি না একটির সহিত মিলিয়া যায়। কারণ আমরা জানি অনুপাতের উপর এবং নীচকে একই সংখ্যা দ্বারা গুণ করিলে অনুপাতের

কোন পরিবর্তন হয় না। সাধারণতঃ পাঁচ পাঁচ অন্তর 20 হইতে 120 পর্যন্ত গিয়ার মেসিনের সঙ্গে দেওয়া থাকে, সেইজন্য উপর এবং নীচকে (লব এবং হরকে) 5 বা 5-এর কোন গুণিতক দ্বারা গুণ করিলে গিয়ার পাইতে সুবিধা হয়।

সূত্রঃ— $\frac{\text{চালক}}{\text{চালিত}}=\frac{\text{স্পিণ্ডলের গিয়ার}}{\text{লিড স্ক্রুর গিয়ার}}=\frac{\text{যে থ্রেড কাটিতে হইবে তাহার পিচ}}{\text{লিড স্ক্রুর পিচ}}$

$=\frac{\text{ইঞ্চি প্রতি লিড স্ক্রুর থ্রেডের সংখ্যা}}{\text{ইঞ্চি প্রতি যতগুলি থ্রেড কাটিতে হইবে সেই সংখ্যা}}$

উদাহরণ 1. লিড স্ক্রুতে প্রতি ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড আছে। 9টি থ্রেড কাটিতে হইবে।

সমাধান—উপরে সূত্র অনুযায়ী, $\frac{\text{চালক (Driver)}}{\text{চালিত (Driven)}}=\frac{\text{স্পিণ্ডলের গিয়ার}}{\text{লিড স্ক্রুর গিয়ার}}$

$=\frac{\text{ইঞ্চি প্রতি লিড স্ক্রুর থ্রেডের সংখ্যা}}{\text{ইঞ্চি প্রতি যতগুলি থ্রেড কাটিতে হইবে সেই সংখ্যা}}$

$=\frac{4}{9}=\frac{4\times5}{9\times5}=\frac{20}{45}$

20 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার স্পিণ্ডলে ও 45 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার লিড স্ক্রুতে বসিবে।

উদাহরণ 2. লিড স্ক্রুতে প্রতি ইঞ্চিতে 2টি থ্রেড আছে। প্রতি ইঞ্চিতে 1টি থ্রেড কাটিতে হইবে।

সমাধান— $\frac{\text{চালক}}{\text{চালিত}}=\frac{\text{স্পিণ্ডলের গিয়ার}}{\text{লিড স্ক্রুর গিয়ার}}$

$=\frac{\text{ইঞ্চি প্রতি লিড স্ক্রুর থ্রেডের সংখ্যা}}{\text{ইঞ্চি প্রতি যতগুলি থ্রেড কাটিতে হইবে সেই সংখ্যা}}$

$=\frac{2}{1}=\frac{2\times20}{1\times20}=\frac{40}{20}$

সুতরাং স্পিণ্ডলে 40 দাঁতবিশিষ্ট ও লিড স্ক্রুতে 20 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার বসাইতে হইবে।

উদাহরণ 3. লিড স্ক্রুতে প্রতি ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড আছে। 18টি থ্রেড কাটিতে হইবে। **সমাধান**—

$\frac{\text{স্পিণ্ডলের গিয়ার}}{\text{লিড স্ক্রুর গিয়ার}}=\frac{\text{ইঞ্চি প্রতি লিড স্ক্রুর থ্রেডের সংখ্যা}}{\text{ইঞ্চি প্রতি যতগুলি থ্রেড কাটিতে হইবে সেই সংখ্যা}}$

$=\frac{4}{18}=\frac{4\times5}{18\times5}=\frac{20}{90}$

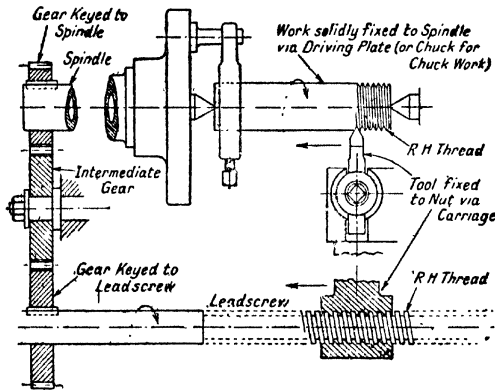
স্পিণ্ডলে 20 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার, লিড স্ক্রুতে 90 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার দিতে হইবে।

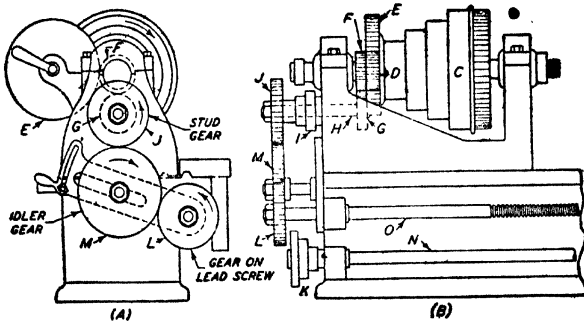
উদাহরণ 4. লিড স্ক্রুতে প্রতি ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড আছে। প্রতি ইঞ্চিতে $9\frac{1}{2}$টি থ্রেড কাটিতে হইবে। **সমাধান**—

$$\frac{\text{স্পিণ্ডলের গিয়ার}}{\text{লিড স্ক্রুর গিয়ার}} = \frac{\text{ইঞ্চি প্রতি লিড স্ক্রুর থ্রেডের সংখ্যা}}{\text{ইঞ্চি প্রতি যতগুলি থ্রেড কাটিতে হইবে সেই সংখ্যা}}$$

$$= \frac{4}{9\frac{1}{2}} = 4 \div \frac{19}{2} = \frac{4}{1} \times \frac{2}{19} = \frac{8}{19} = \frac{8 \times 5}{19 \times 5} = \frac{40}{95}$$

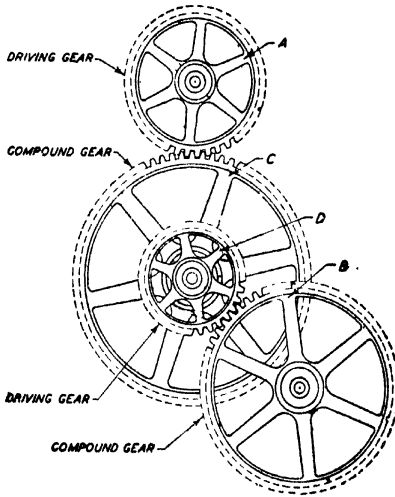
স্পিণ্ডলে 40 দাঁতবিশিষ্ট ও লিড স্ক্রুতে 95 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার বসিবে।

সিম্পল গিয়ারিং (Simple Gearing) ঃ—যখন পূর্ব বর্ণিত উপায়ে

৮১ নং চিত্র—সিম্পল গিয়ারিং-এর সাহায্যে থ্রেড কাটা।

চেঞ্জ গিয়ার বাহির করিয়া চালক বা স্পিণ্ডলের গিয়ারটিকে ৮১নং চিত্রের

৮২ নং চিত্র—সিম্পল গিয়ারিং

ন্যায় স্পিণ্ডলের বা ৮২নং চিত্রের ন্যায় ষ্টাডে (Stud) এবং চালিত গিয়ারটিকে লিড স্ক্রুতে দিয়া উভয়কে একটি আইড্‌লার (Idler or Intermediate

Gear) দ্বারা যুক্ত করা হয়, তখন তাহাকে সিম্পল গিয়ারিং বলে। গিয়ারের অনুপাতের উপর আইড্‌লারের কোন প্রভাব নাই। ইহা কেবল লিড স্ক্রুর গিয়ারের আবর্তনের দিক পরিবর্তন করে ও ষ্টাড গিয়ার ও লিড স্ক্রু গিয়ারের মধ্যে একটি অ্যাড্‌জাষ্টেবল ষ্টাডে (Adjustable Stud) থাকিয়া উভয়ের মধ্যে যোগসাধন করে।

কম্পাউণ্ড গিয়ারিং (Compound Gearing) :—কোন কোন সময় এরূপ স্ক্রু কাটিবার প্রয়োজন হয় যাহা সিম্পল গিয়ারিং দ্বারা কাটা সম্ভব নয়। তখন চেঞ্জ গিয়ার অনুপাতটিকে দুই বা ততোধিক অনুপাতে ভাঙ্গিয়া লইয়া গিয়ার বাহির করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় যে চেঞ্জ গিয়ার বাহির হয় তাহাকে

৮৩নং চিত্র—কম্পাউণ্ড গিয়ারিং

কম্পাউণ্ড গিয়ারিং বলে। কম্পাউণ্ড গিয়ারিং-এ ৮৩নং চিত্রের ন্যায় চালক গিয়ারগুলির একটি, ষ্টাডে এবং চালিত গিয়ারগুলির একটি, আইড্‌লারের জায়গায় থাকিয়া পরস্পরের সহিত যুক্ত হয়। অপর চালক গিয়ারটি পূর্বোক্ত চালিত গিয়ারের সহিত একই ষ্টাডে অবস্থিত থাকে এবং পরস্পর চাবি দ্বারা আঁটা থাকে যাহাতে একটি ঘুরিলে অপরটিও ঘোরে। অপর চালিত গিয়ারটি লিড স্ক্রুতে থাকে এবং ইহাকে শেষোক্ত চালক গিয়ারের সহিত যুক্ত করা হয়।

উদাহরণ 1. লিড স্ক্রুর প্রতি ইঞ্চিতে 2টি থ্রেড আছে। প্রতি ইঞ্চিতে 20টি থ্রেড কাটিতে হইবে।

সমাধান :— $\frac{\text{চালক}}{\text{চালিত}}=\frac{2}{20}=\frac{1}{10}=\frac{1\times20}{10\times20}=\frac{20}{200}$

মেসিনের সহিত যে সকল গিয়ার থাকে তন্মধ্যে 20 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার হইতেছে সর্বাপেক্ষা ছোট। সুতরাং চালক গিয়ারকে 20 দাঁত করিতে হইলে চালিত গিয়ারকে 200 দাঁত করিতে হইবে। কিন্তু 200 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার মেসিনে সাধারণতঃ থাকে না। (20 হইতে 120 পর্যন্ত দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার মেসিনের সহিত থাকে)। সুতারাং ইহার চেঞ্জ গিয়ার সিম্পল গিয়ারিং-এ বাহির হইবে না। এক্ষেত্রে কম্পাউণ্ড গিয়ারিং হইতেছে—

$$\frac{\text{চালক}}{\text{চালিত}}=\frac{2}{20}=\frac{1}{10}=\frac{1\times1}{5\times2}=\frac{1\times20}{5\times20}\times\frac{1\times30}{2\times30}=\frac{20}{100}\times\frac{30}{60}$$

20 ও 30 গিয়ার চালকে অর্থাৎ ৮৩ নং চিত্রের A এবং D-তে এবং 100 ও 60 গিয়ার চালিততে অর্থাৎ ৮৩ নং চিত্রের C এবং B-তে বসিবে।

উদাহরণ 2. লিড স্ক্রুর প্রতি ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড আছে। প্রতি ইঞ্চিতে $4\frac{1}{2}$টি থ্রেড কাটিতে হইবে।

সমাধান :— $\frac{\text{চালক}}{\text{চালিত}}=\frac{4}{4\frac{1}{2}}=\frac{4\times2}{9}=\frac{4\times2}{3\times3}$

$$=\left(\frac{4\times20}{3\times20}\right)\times\left(\frac{2\times15}{3\times15}\right)=\frac{80}{60}\times\frac{30}{45}$$

80 এবং 30 গিয়ার ৮৩ নং চিত্রের A ও D-তে বসিবে। 60 এবং 45 গিয়ার C এবং B-তে বসিবে।

মেট্রিক থ্রেড (**Metric Thread**) :—যে লেদ মেসিনে লিড স্ক্রুর থ্রেডের পিচ (Pitch) মিলিমিটারে থাকে, সেইরূপ লেদে মেট্রিক থ্রেড নির্ভুলভাবে কাটা যায় এবং ইহার গিয়ারের হিসাব ঠিক পূর্ব বর্ণিত ইংলিশ থ্রেডের (যে থ্রেডে পিচের মাপ ইঞ্চিতে দেওয়া থাকে) ন্যায়।

উদাহরণ :—লিড স্ক্রুর পিচ 5 মিলিমিটার। 6 মিলিমিটার পিচবিশিষ্ট থ্রেড কাটিতে হইবে।

সমাধান :—লিড স্ক্রুর পিচ 5 মিলিমিটার অর্থাৎ 1 মিলিমিটারে $\frac{1}{5}$টি থ্রেড আছে। 6 মিলিমিটার পিচবিশিষ্ট থ্রেড কাটিতে হইবে অর্থাৎ 1 মিলিমিটারে $\frac{1}{6}$টি থ্রেড কাটিতে হইবে।

$$\frac{\text{চালক}}{\text{চালিত}}=\frac{\text{প্রতি মিলিমিটারে লিড স্ক্রুর থ্রেডের সংখ্যা}}{\text{প্রতি মিলিমিটারে যত সংখ্যক থ্রেড কাটিতে হইবে সেই সংখ্যা}}$$

$$\frac{\frac{1}{5}}{\frac{1}{6}}=\frac{1}{5}\div\frac{1}{6}=\frac{6}{5}=\frac{6\times5}{5\times5}=\frac{30}{25}$$

কিন্তু যে সকল লেদ মেসিনের লিড স্ক্রু ইংলিশ থ্রেডবিশিষ্ট (ইঞ্চিতে) সেই সকল লেদে মেট্রিক থ্রেড নির্ভুলভাবে কাটা যায় না। তবে 63 বা 127 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ারের সাহায্যে মোটামুটি এরূপ নির্ভুলভাবে কাটা যায় যে, তাহা যে কোন সাধারণ কাজেই চলিবে।

উদাহরণ 1. লিড স্ক্রুর পিচ $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি। 6 মিলিমিটার পিচবিশিষ্ট থ্রেড কাটিতে হইবে।

সমাধান :—লিড স্ক্রুর পিচ $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি অর্থাৎ লিড স্ক্রুতে 1 ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড আছে।

6 মিলিমিটার পিচবিশিষ্ট থ্রেড কাটিতে হইবে।

অর্থাৎ 6 মিলিমিটারে থ্রেড থাকিবে 1টি

∴ 1 " " " $\frac{1}{6}$টি

∴ 25·4 মিলিমিটার বা 1 ইঞ্চিতে " " $\frac{25 \cdot 4}{6}$টি

$$\frac{\text{চালক}}{\text{চালিত}} = \frac{\text{ইঞ্চি প্রতি লিড স্ক্রুর থ্রেডের সংখ্যা}}{\text{ইঞ্চি প্রতি যত সংখ্যক থ্রেড কাটিতে হইবে সেই সংখ্যা}}$$

$$\frac{4}{\frac{25 \cdot 4}{6}} = \frac{4 \times 6}{25 \cdot 4} = \frac{4}{1} \times \frac{6}{25 \cdot 4} = \frac{4 \times 20}{1 \times 20} \times \frac{6 \times 5}{25 \cdot 4 \times 5} = \frac{80}{20} \times \frac{30}{127}$$

সূত্র :— $\frac{\text{চালক}}{\text{চালিত}} = \frac{5pn}{127}$ যখন, p=যত মিলিমিটার লিডের থ্রেড কাটিতে হইবে ও n=ইঞ্চি প্রতি লিড স্ক্রুর থ্রেডের সংখ্যা।

উদাহরণ 2. লিড স্ক্রুর পিচ $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি। 8 মিলিমিটার পিচবিশিষ্ট থ্রেড কাটিতে হইবে।

সমাধান :—লিড স্ক্রুর পিচ $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি অর্থাৎ লিড স্ক্রুতে 1 ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড আছে।

এখন 1 মিটার=$39\frac{3}{8}$ ইঞ্চি (আন্দাজ)

অথবা 1 মিটার বা 1000 মিলিমিটার=$\frac{315}{8}$ ইঞ্চি

অথবা 8000 মিলিমিটার=315 ইঞ্চি।

লিড স্ক্রুর প্রতি ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড আছে, সুতরাং

315 ইঞ্চিতে আছে (315×4)=1260টি থ্রেড

বা 1 " " $\frac{1260}{315}$-টি থ্রেড।

আবার 8 মিলিমিটার পিচবিশিষ্ট থ্রেড কাটিতে হইবে।

অর্থাৎ 315 ইঞ্চিতে (বা 8000 মিলিমিটারে) থ্রেড থাকিবে $\frac{8000}{8}$ টি।

বা 1 " " " $\frac{8000}{8 \times 315}$ টি।

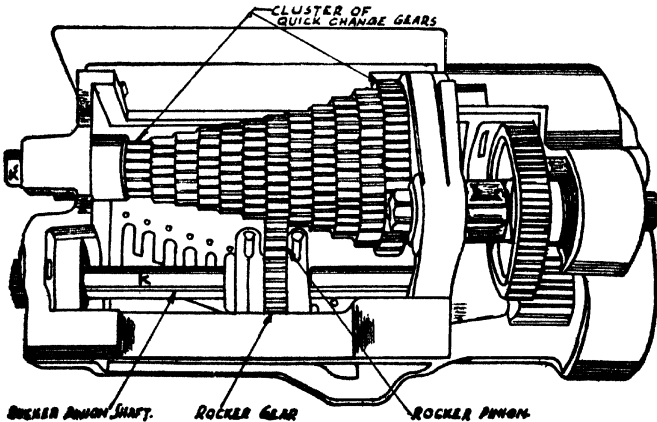
$\therefore$ $\dfrac{\text{চালক}}{\text{চালিত}} = \dfrac{\text{ইঞ্চি প্রতি লিড স্ক্রুর থ্রেডের সংখ্যা}}{\text{ইঞ্চি প্রতি যত সংখ্যক থ্রেড কাটিতে হইবে সেই সংখ্যা}}$

$$= \frac{1260}{315} \div \frac{8000}{8\times 315} = \frac{1260}{315} \times \frac{8\times 315}{8000} = \frac{1260}{8000} \times 8 = \frac{63}{400} \times 8.$$

সুতরাং দেখা যাইতেছে, যত মিলিমিটার পিচবিশিষ্ট থ্রেড কাটিতে হইবে তত মিলিমিটারকে $\frac{63}{400}$ দ্বারা গুণ করিলে চেঞ্জ-গিয়ারের অনুপাত পাওয়া যাইবে। এক্ষেত্রে চেঞ্জ গিয়ার,

$$= \frac{\text{চালক}}{\text{চালিত}} = \frac{63\times 8}{400} = \frac{63}{40} \times \frac{8}{10} = \frac{63}{40} \times \frac{8\times 10}{10\times 10} = \frac{63}{40} \times \frac{80}{100}$$

এইরূপে 63 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ারের সাহায্যেও মেট্রিক থ্রেড কাটা যায়।

কুইক চেঞ্জ গিয়ার বক্স (Quick Change Gear Box):—আধুনিক লেদ মেসিনে বিভিন্ন থ্রেড কাটিবার জন্য বারংবার বিভিন্ন গিয়ার সেটিং করিতে হয় না। মেসিনের সহিত একটি গিয়ার বক্স থাকে যাহার কেবলমাত্র লিভারটির স্থান পরিবর্তন করিয়া মেসিনে বিভিন্ন থ্রেড কাটা যায় এবং মেসিনে ফিড পরিবর্তন করা যায়। এই গিয়ার বক্সকে কুইক চেঞ্জ

৮৪ নং চিত্র—কুইক চেঞ্জ গিয়ার বক্স

গিয়ার বক্স বলে। গিয়ার বক্সের গায়ে একটি তালিকা দেওয়া থাকে যাহা দেখিয়া বুঝিতে পারা যায় লিভারটি কোন অবস্থানে কত সংখ্যক থ্রেড কাটিবে বা মেসিনের কত ফিড হইবে।

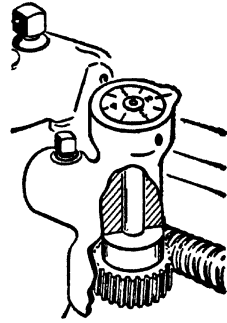
কুইক চেঞ্জ গিয়ার বক্সের ব্যবস্থা (Quick Change Gear Box Mechanism):—৮৪ নং চিত্রে কুইক চেঞ্জ গিয়ার বক্সের অভ্যন্তরীণ যান্ত্রিক ব্যবস্থা দেখান হইয়াছে। রকার পিনিয়ন সাফ্‌ট (Rocker Pinion Shaft) k-এর উপর লম্বা চাবির ঘাট (Key-way) কাটা থাকে এবং রকার গিয়ারটি (Rocker Gear) ইহার সহিত চাবির দ্বারা এরূপভাবে আঁটা থাকে যাহাতে একটি হাতলের সাহায্যে ইহাকে সাফ্‌টের উপর এদিক ওদিক সরান যায়। রকার পিনিয়নটি এরূপভাবে অবস্থিত থাকে যাহাতে ইহা রকার গিয়ারের সহিত সর্বদা যুক্ত থাকিয়া রকার গিয়ারের চতুর্দিকে ঘুরিতে পারে। রকার গিয়ারটিকে সাফ্‌ট k′-এ অবস্থিত কুইক চেঞ্জ গিয়ারশ্রেণীর এক একটির নীচে আনিয়া রকার পিনিয়নের সাহায্যে ইহাকে উপরের কুইক চেঞ্জ গিয়ারের সঙ্গে যুক্ত করা হয়। এইভাবে সাফ্‌ট k-এর একটি নির্দিষ্ট গতি হইতে সাফ্‌ট k′-কে বিভিন্ন গতি দেওয়া হয়। এক্ষেত্রে সাফ্‌ট k′-এ 12 টি গিয়ার আছে। সুতরাং সাফ্‌ট k-এর 1 টি গতি (যাহা সাফ্‌ট k-কে হেডষ্টক স্পিণ্ডলের সহিত একশ্রেণী গিয়ার দ্বারা যুক্ত করিয়া পাওয়া যায়) হইতে সাফ্‌ট k′-এর 12 টি গতি পাওয়া যাইবে। পুনরায় চিত্রের ডান প্রান্তের গিয়ার ব্যবস্থার দ্বারা সাফ্‌ট k-কে 3টি বিভিন্ন গতি দেওয়া যায়। সুতরাং এই ক্ষেত্রে এই গিয়ার ব্যবস্থার দ্বারা মোট $12 \times 3 = 36$টি গতি পাওয়া যাইবে।

থ্রেড ধরা (Catching Thread):—সাধারণতঃ থ্রেড এক কোপে ফিনিস করা যায় না। প্রথম কোপ চালাইবার পর দ্বিতীয় কোপ ঠিকমত দিতে না পারিলে উহা প্রথম থ্রেডকে কাটিয়া দেয় এবং ইহার ফলে থ্রেড নষ্ট হইয়া যায়। সুতরাং থ্রেড কাটিতে হইলে থ্রেড কাটিবার টুলটিকে বারংবার কি করিয়া একই জায়গা দিয়া চালনা করিতে হয় তাহা জানা অবশ্য প্রয়োজন।

ক। **লেদের গায়ে দাগ কাটিয়া**—এই পদ্ধতিতে থ্রেড কাটিবার সমস্ত ব্যবস্থা সম্পন্ন করিয়া মেসিন ক্যারেজটিকে প্রথমে এরূপ স্থানে রাখিতে হয় যাহাতে থ্রেড কাটিবার টুলটি যেখান হইতে থ্রেড কাটা আরম্ভ হইবে সেইখান ছাড়াইয়া আরো টেলষ্টকের দিকে থাকে। তারপর টেলষ্টকের সামনে কোন কিছু রাখিয়া বা অন্য যে কোন উপায়ে এই জায়গাটিকে এইরূপভাবে নির্দিষ্ট করিতে হয় যাহাতে ক্যারেজটিকে বার বার একই জায়গায় ফিরাইয়া আনা যায়। তারপর মেসিনটিকে হাতে আস্তে আস্তে ঘোরাইতে হইবে যতক্ষণ না লিড স্ক্রু-র নাটটি লিড স্ক্রুর সহিত লাগে। নাটটি লাগিলে ড্রাইভিং প্লেট ও লিড স্ক্রুর উপর দু'টি দাগ টানিতে হইবে এবং উহাদের সংলগ্ন মেসিনের কোন স্থির অংশে উহাদের সোজাসুজি দাগ টানিতে হইবে। এইবার মেসিন চালু করিয়া প্রথম কোপ কাটিতে হইবে। যতটা থ্রেড কাটিতে হইবে

তাহা কাটা হইয়া গেলে মেসিন বন্ধ করিয়া কোপ তুলিয়া লইতে হইবে এবং ক্যারেজটিকে পূর্বোক্ত নির্দিষ্ট স্থানে ফিরাইয়া লইয়া যাইতে হইবে। দ্বিতীয় কোপের জন্য নাটটি লাগাইবার পূর্বে ড্রাইভিং প্লেট ও লিড স্ক্রুর উপরের দাগকে তাহাদের সংলগ্ন দাগের সহিত মিলাইয়া লইতে হইবে। দাগগুলি মিলিলে তবে লিড স্ক্রুর নাটটি লাগাইয়া পুনরায় কোপ দিয়া মেসিন চালু করিতে হইবে। ঠিক এইভাবে যতক্ষণ না থ্রেডের সম্পূর্ণ গভীরতা আসিতেছে ততক্ষণ কাটিয়া যাইতে হইবে।

খ। মেসিনের গতির দিক পরিবর্তন করিয়া :—মেসিনের যদি গতির দিক পরিবর্তনের ব্যবস্থা থাকে তাহা হইলে লিড স্ক্রুর নাট একবার লাগাইবার পর তাহা আর তুলিয়া না লইয়া একটা কোপ শেষ হইলে কোপটি একটু তুলিয়া লইয়া মেসিনের গতির দিক পরিবর্তন করিয়া ক্যারেজটিকে ফিরাইয়া লইয়া যাইতে হয়, তাহার পর আবার পরের কোপ চালু করিতে হয়। এই পদ্ধতিতে কেবল লক্ষ্য রাখিতে হয় কোপের আরম্ভে ও শেষে যেন টুলটি থ্রেড হইতে কিছুটা ছাড়াইয়া যায়, যাহাতে ব্যাক লাশ (Back Lash) জনিত দোষের জন্য থ্রেড নষ্ট হইতে না পারে। এই পদ্ধতির প্রধান ত্রুটি হইতেছে যে লেদ ক্যারেজটিকে নাটটি লাগান অবস্থায় ফিরাইয়া আনিতে অযথা অনেক সময় নষ্ট হয়।

গ। চেজিং ডায়াল (Chasing Dial) :—চেজিং ডায়ালটি স্যাড্‌লের গায়ে লাগান থাকে। থ্রেড কাটিবার সময় লেদের গায়ে দাগ কাটিয়া যে কাজ করা হয় চেজিং ডায়ালের দ্বারা সেই কাজই করা হয় তবে তফাৎ এই যে, এই পদ্ধতিতে থ্রেড ধরা কাজটি পূর্বাপেক্ষা অনেক তাড়াতাড়ি করা যায়। ৮৫ নং চিত্রে ডায়ালটি দেখান হইয়াছে। ডায়ালের উপরের যে অংশটি দেখা যায় তাহা সাধারণতঃ আট ভাগে বিভক্ত থাকে। এই ডায়ালটি, ছবি হইতে বুঝা যাইবে, একটি ওয়ার্ম হুইলের দ্বারা লিড স্ক্রুর সহিত যুক্ত। সাধারণতঃ লিড স্ক্রুতে প্রতি ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড ও ওয়ার্ম হুইলে 16টি দাঁত থাকে। এই ডায়ালের ব্যবহার পরের পৃষ্ঠার ছক (Table) হইতে বুঝিতে পারা যাইবে।

৮৫ নং চিত্র—চেজিং ডায়াল

লিড স্ক্রুর লিড বা ওয়ার্ম হুইলের দাঁতের সংখ্যার পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে কলম 2 এবং 3-কে প্রয়োজনমত বদলাইয়া লইতে হইবে। যেমন, লিড স্ক্রুতে

চেজিং ডায়ালের ব্যবহার

লিড স্ক্রুর প্রতি ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড। চেজিং ডায়াল ওয়ার্ম হইলে 16টি দাঁত।

1 যে থ্রেড কাটিতে হইবে তাহার বিস্তৃত বিবরণ	2 কলম 1 লিড-স্ক্রুর ইঞ্চি প্রতি থ্রেডের সংখ্যা $=\frac{\text{কলম 1}}{4}$	3 উপর এবং নীচে কাটাকাটির পর 2নং কলমের ক্ষুদ্রতম হর	4 কলম 3 হুইলের দাঁতের সংখ্যা $=\frac{\text{কলম 3}}{16}$	মন্তব্য
ইঞ্চি প্রতি যে কোন সংখ্যক থ্রেড যাহা 4 দ্বারা বিভাজ্য, যেমন—12	$\frac{12}{4}=\frac{3}{1}$	1	$\frac{1}{16}$ পাক	যে কোন জায়গায় লিড স্ক্রু নাট লাগান যায়।
ইঞ্চি প্রতি জোড় সংখ্যক থ্রেড, যেমন—14	$\frac{14}{4}=\frac{7}{2}$	2	$\frac{2}{16}=\frac{1}{8}$ পাক	ডায়ালের উপর চিহ্নিত যে কোন দাগে লিড স্ক্রু নাট লাগাইতে হইবে।
ইঞ্চি প্রতি বিজোড় সংখ্যক থ্রেড, যেমন—11	$\frac{11}{4}$	4	$\frac{4}{16}=\frac{1}{4}$ পাক	একটা অন্তর দাগে লিড স্ক্রু নাট লাগাইতে হইবে। (যেমন 2, 4, 6, 8)
হাফ-থ্রেড, যেমন—$6\frac{1}{2}$	$\frac{6\frac{1}{2}}{4}=\frac{13}{8}$	8	$\frac{8}{16}=\frac{1}{2}$ পাক	প্রতি অর্ধ পাকে লিড স্ক্রু নাট লাগাইতে হইবে। (যেমন 2 এবং 6 অথবা 4 এবং 8)
কোয়ার্টার থ্রেড, যেমন—$5\frac{1}{4}$	$\frac{5\frac{1}{4}}{4}=\frac{21}{16}$	16	$\frac{16}{16}=1$ পাক	প্রতি 1 পাক অন্তর অর্থাৎ প্রথমবার যেখান হইতে আরম্ভ হইবে, প্রতিবার সেখান হইতে আরম্ভ করিতে হইবে।

ইঞ্চি প্রতি 6টি থ্রেড ও ওয়ার্ম হুইলে 18টি দাঁত থাকিলে, ডায়ালের ব্যবহার নিম্নের ছক অনুযায়ী হইবে।

1	2	3	4	মন্তব্য
ইঞ্চি প্রতি বিজোড় দাঁত, যেমন—11	$\frac{11}{6}$	6	$\frac{6}{18}=\frac{1}{3}$	প্রতি $\frac{1}{3}$ পাক অন্তর লিড স্ক্রু নাট লাগাইতে হইবে

একাধিক পন্থাবিশিষ্ট থ্রেড কাটিবার পদ্ধতি (Method of Cutting Multiple Threads) :—নিম্নলিখিত উদাহরণ হইতে একাধিক পন্থাবিশিষ্ট প্যাঁচ কাটিবার পদ্ধতি পরিষ্কাররূপে বুঝা যাইবে।

উদাহরণ। একটি দু'পন্থাবিশিষ্ট বোল্ট কাটিতে হইবে যাহাতে প্রতি ইঞ্চিতে আটটি থ্রেড থাকিবে।

এক্ষেত্রে প্রতি ইঞ্চিতে 8টি থ্রেড আছে, সুতরাং পিচ $=\frac{1}{8}$ ইঞ্চি এবং বোল্টটি দু'পন্থাবিশিষ্ট হওয়ায় লিড $=\frac{1}{8}\times 2=\frac{1}{4}$ ইঞ্চি।

উপরিউক্ত বোল্টটি কাটিবার ধারাবাহিকতা নিম্নে বর্ণিত হইল :

১। $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি লিডবিশিষ্ট অর্থাৎ প্রতি ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড কাটিতে পারা যায় এরূপ চেঞ্জ-গিয়ার (Change gear) মেসিনে বাঁধিতে হইবে। এই প্রসঙ্গে পাঠকবর্গের স্মরণ রাখা প্রয়োজন যে, থ্রেড কাটিবার জন্য চেঞ্জ-গিয়ার নির্ণয়ের সময় সর্ব্বদা থ্রেডের লিডকে (পিচ নহে) হিসাবে ধরিতে হইবে। একপন্থাবিশিষ্ট থ্রেডের ক্ষেত্রে লিড ও পিচ সমান হইয়া যায়।

২। যেরূপে সাধারণ একপন্থাবিশিষ্ট থ্রেড কাটে ঠিক সেইভাবে, প্রতি ইঞ্চিতে 8টি থ্রেড থাকিলে থ্রেডের গভীরতা যতটা হইত ততটা থ্রেডের গভীরতা (Depth of cut) দিয়া, প্রথম থ্রেডটি কাটিতে হইবে। কারণ থ্রেডের গভীরতা পিচের উপরে নির্ভরশীল, লিডের উপর নহে।

৩। প্রথম থ্রেডটি কাটিবার পর দ্বিতীয় থ্রেডটি নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলির যে কোন একটির দ্বারা করা যায়।

(ক) ফেস প্লেট দ্বারা :—একটি ফেস প্লেট (Face Plate) ব্যবহার করিতে হইবে যাহাতে লেদডগের (Lathe dog) পিছনদিক (Tail) ঢুকিতে পারে এরূপ দু'টি গর্ত (Slot) এমনভাবে অবস্থিত থাকিবে যে এক গর্ত হইতে অপর গর্তের দূরত্ব যেন ঠিক অর্ধপাকের সমান হয়। প্রথম থ্রেডটি কাটা হইয়া যাইবার পর লেদডগের পিছনদিক (Tail) প্রথম গর্ত হইতে তুলিয়া দ্বিতীয় গর্তে দিয়া ঠিক পূর্বের ন্যায় থ্রেড কাটিয়া গেলে পূর্বের

থে্রডের ঠিক মাঝখান দিয়া পূর্বের লিড (এক্ষেত্রে $\frac{1}{8}$ ইঞ্চি) বিশিষ্ট আর একটি থে্রড কাটিয়া যাইবে।

ফেস প্লেটকে দুইভাগে বিভক্ত করে এরূপ দুইটি গর্তের পরিবর্তে দুইটি ষ্টাড থাকিলেও পূর্বোক্ত পদ্ধতিতে দু'পন্থাবিশিষ্ট থে্রড কাটিতে পারা যায়।

(খ) কম্পাউণ্ড স্লাইড দ্বারা ঃ—যদি সুবিধামত ফেস প্লেট পাওয়া না যায় তাহা হইলে কম্পাউণ্ড রেষ্টের (Compound Rest) অক্ষরেখাকে ডেড (Dead) ও লাইভ (Live) সেণ্টারের অক্ষরেখার সমান্তরাল করিয়া বাঁধিতে হয়। প্রথম থে্রডটি কাটিবার সময় ক্রশ স্লাইড (Cross Slide) দ্বারা কোপ দিতে হইবে। প্রথম থে্রডটি কাটা হইয়া গেলে কম্পাউণ্ড রেষ্টের ফিড স্ক্রুর (Feed Screw) সহিত যে মাপ কাটা কলার (Graduated Collar) থাকে তাহা দেখিয়া কম্পাউণ্ড রেষ্টের সাহায্যে বাটালিটিকে পিচের সমান দূরত্ব (এক্ষেত্রে $\frac{1}{8}$ ইঞ্চি) সরাইয়া দিতে হইবে। তাহার পর পূর্বের ন্যায় থে্রড কাটিয়া গেলে দ্বিতীয় থে্রডটি পাওয়া যাইবে।

(গ) গিয়ার দ্বারা ঃ—হেডষ্টক স্পিণ্ডলের পিছনদিকে অবস্থিত গিয়ার দ্বারাও ইহা করা যায়। প্রথম থে্রডটি কাটা হইয়া যাইবার পর মেসিনকে পুনরায় কোপ দিবার পূর্বাবস্থায় (অর্থাৎ যেক্ষেত্রে স্পিণ্ডলে ও লিড স্ক্রুতে দাগ কাটিয়া থে্রড কাটা হয় সেক্ষেত্রে এই দাগসকল মিলাইয়া ও ক্যারেজকে একটি নির্দিষ্ট স্থান, যেখান হইতে মেসিন চালু করা হইতেছিল সেইস্থানে) আনিয়া রাখিতে হইবে। তাহার পর স্পিণ্ডলের পিছনে অবস্থিত গিয়ারের একটি দাঁত ও তৎসংলগ্ন ইণ্টারমিডিয়েট বা আইড্‌লার (Intermediate or Idler) গিয়ারের দাঁতের ফাঁকে একটি দাগ টানিতে হইবে। স্পিণ্ডলের পিছনের গিয়ারকে আধাআধি ভাগ করিয়া আর একটি দাগ টানিতে হইবে। যে ক্ষেত্রে স্পিণ্ডলের পিছনে অবস্থিত গিয়ারকে সমান দুইভাগে বিভক্ত করা যাইবে না সেক্ষেত্রে চেঞ্জ গিয়ার হিসাব করিয়া এরূপভাবে বদলাইয়া লইতে হইবে, যাহাতে ইহাকে সম দুই ভাগে বিভক্ত করা যায়। ইণ্টারমিডিয়েট গিয়ারের একটি দাঁত ও তৎসংলগ্ন লিড স্ক্রুতে (সিম্পল গিয়ারিং-এর ক্ষেত্রে) অবস্থিত গিয়ারের দাঁতের ফাঁকে আর একটি দাগ টানিতে হইবে। এইবারে সাবধানে ইণ্টারমিডিয়েট গিয়ারটি বাহির করিয়া লইতে হইবে এবং বিশেষভাবে লক্ষ্য রাখিতে হইবে যাহাতে লিড স্ক্রু ঘুরিয়া না যায়। ইণ্টারমিডিয়েট গিয়ারটি বাহির করা হইলে স্পিণ্ডলের পিছনে অবস্থিত গিয়ারটি অর্ধপাক ঘোরাইয়া মালটিকে অর্ধপাক পরিমাণ ঘোরাইতে হইবে। ইণ্টারমিডিয়েট গিয়ারের যে দাঁতের সহিত লিড স্ক্রু গিয়ারের ফাঁকে দাগ কাটা ছিল সেই দুই দাগকে মিলাইয়া যদি ইণ্টারমিডিয়েট গিয়ারটি বসান যায় এবং ইণ্টারমিডিয়েট গিয়ারের যে ফাঁকের সহিত স্পিণ্ডল গিয়ারের যে দাঁত মিলান ছিল সেই দাঁতকে না মিলাইয়া স্পিণ্ডল গিয়ারকে দুইভাগে বিভক্ত করিয়া

আর একটি যে দাগ কাটা ছিল তাহার সহিত মিলান যায় তাহা হইলে স্পিণ্ডল গিয়ারটি এবং সঙ্গে সঙ্গে মালটিও (Job) ঠিক অর্ধপাক পরিমাণ ঘুরিয়া যাইবে।

অনেক সময় আধুনিক মেসিনে স্পিণ্ডলের পিছনে অবস্থিত গিয়ার হেডষ্টকের ভিতরে ঢাকা থাকায়. ভিতর দিকের ষ্টাড গিয়ার (Inside Stud Gear) সাহায্যে এই কার্য করিতে হয়। যদি স্পিণ্ডলে অবস্থিত গিয়ার ও ভিতর দিকের ষ্টাড গিয়ার সমান সংখ্যক দাঁতবিশিষ্ট হয়। তাহা হইলে ঠিক পূর্বোক্ত উপায়ে ষ্টাড গিয়ারটি অর্ধপাক ঘোরাইলে মালটিও অর্ধপাক ঘুরিবে। কিন্তু বর্তমানে অধিকাংশ লেদ মেসিনে ভিতরকার ষ্টাড গিয়ার অপেক্ষা স্পিণ্ডল গিয়ার ছোট থাকে। সাধারণতঃ স্পিণ্ডল গিয়ার ও ভিতরের ষ্টাড গিয়ারের দাঁতের অনুপাত 3 : 4 বা 2 : 3 হয়। অর্থাৎ ষ্টাড গিয়ারকে অর্ধপাক ঘোরাইলে স্পিণ্ডল গিয়ার (অর্থাৎ মাল) অর্ধপাক ঘুরিবে না, উহা অনুপাত অনুযায়ী $\frac{2}{3}$ পাক বা $\frac{3}{4}$ পাক ঘুরিবে।

∴ স্পিণ্ডল যখন $\frac{2}{3}$ পাক ঘোরে ষ্টাড ঘোরে $\frac{1}{2}$ পাক

„ „ 1 „ „ „ „ $\frac{1}{2} \div \frac{2}{3} = \frac{3}{4}$ „

„ „ $\frac{1}{2}$ „ „ „ „ $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$ „

সুতরাং ভিতর দিকের ষ্টাডে এরূপ একটি গিয়ার রাখিতে হইবে যাহা $\frac{3}{8}$ দ্বারা বিভাজ্য।

ধরা যাক, স্পিণ্ডলে 30 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার ও ভিতরের ষ্টাডে 40 দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার আছে। সুতরাং ষ্টাডের গিয়ারের $(40 \times \frac{3}{8}) = 15$টি দাঁত ঘোরাইলে স্পিণ্ডল অর্ধপাক ঘুরিবে।

(ঘ) **চেঞ্জিং ডায়াল দ্বারা :**—চেঞ্জিং ডায়ালের যে সকল দাগে হাফ-নাট লিভার ফেলিলে একই থ্রেড ধরে সেই সকল দাগের মাঝপথে হিসাব করিয়া হাফ-নাট লিভার ফেলিয়া বহুপন্থাবিশিষ্ট থ্রেড কাটা যায়। যেমন, একই থ্রেড ধরে এরূপ দাগ সকলের অর্ধপথে ফেলিয়া দু'পন্থা, এক তৃতীয়াংশ পথে ফেলিয়া তিনপন্থা এবং এক-চতুর্থাংশ পথে ফেলিয়া চারিপন্থাবিশিষ্ট থ্রেড কাটা যায়।

পূর্বোক্ত উদাহরণে প্রতি ইঞ্চিতে চারিটি থ্রেড আছে এইরূপ দুটি থ্রেড পরস্পর বিপরীত দিক হইতে আরম্ভ করিয়া কাটিতে বলা হইয়াছে। কিন্তু ৯১ পৃষ্ঠায় চেঞ্জিং ডায়াল দ্বারা থ্রেড ধরিবার তালিকাটি লক্ষ্য করিলে বুঝা যাইবে যখন লিড স্ক্রুতে প্রতি ইঞ্চিতে 4টি থ্রেড ও চেঞ্জিং ডায়ালের ওয়ার্ম হইলে 16টি দাঁত থাকে এবং প্রতি ইঞ্চিতে 4 দ্বারা বিভাজ্য গুণোবিশিষ্ট (T.P.I.) কোন থ্রেড কাটিতে হয় তখন হাফ-নাট লিভারটি যেখানেই ফেলা যাউক

না কেন উহা একই থ্রেড ধরিবে। সুতরাং পূর্বোক্ত দু'পন্থাবিশিষ্ট বোল্টটি চেঞ্জিং ডায়াল দ্বারা কাটিতে পারা যাইবে না। চেঞ্জিং ডায়াল দ্বারা কিরূপে বহুপন্থাবিশিষ্ট থ্রেড কাটা হয় তাহা নিম্নলিখিত উদাহরণ সকল হইতে পরিষ্কাররূপে বুঝিতে পারা যাইবে।

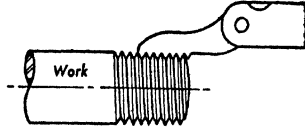
উদাহরণ 1. প্রতি ইঞ্চিতে 13টি থ্রেডবিশিষ্ট দুপন্থা (Double started) বোল্ট কাটিতে হইবে।

সমাধান :—প্রতি ইঞ্চিতে 13টি থ্রেডবিশিষ্ট দুপন্থা বোল্ট কাটিতে হইবে, অর্থাৎ প্রতি ইঞ্চিতে $6\frac{1}{2}$টি থ্রেডবিশিষ্ট দুইটি থ্রেড ঠিক পরস্পর বিপরীত দিক হইতে আরম্ভ করিয়া কাটিতে হইবে। ৯১ পৃষ্ঠার চেঞ্জিং ডায়াল দ্বারা থ্রেড ধরিবার তালিকাটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে 2 এবং 6 অথবা 4 এবং 8 চিহ্নিত দাগে হাফ-নাট লিভারটি ফেলিলে প্রতিবার বাটালিটি ঠিক একই থ্রেডের উপর দিয়া যাইবে। অর্থাৎ প্রতি চতুর্থ দাগে পুনরায় একই থ্রেড ঘুরিয়া আসিতেছে। প্রথম থ্রেডটি কাটিবার সময় যদি চেঞ্জিং ডায়ালের 2-এবং 6 চিহ্নিত দাগ ব্যবহার করা হয় তাহা হইলে অন্যান্য সমস্ত কিছু ঠিক রাখিয়া 2 এবং 6 দাগের ঠিক মধ্যস্থলে অবস্থিত 4 এবং 8 চিহ্নিত দাগে হাফ-নাট লিভার ফেলিয়া দ্বিতীয় থ্রেডটি কাটিতে হইবে।

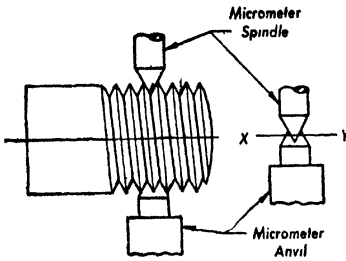
উদাহরণ 2. প্রতি ইঞ্চিতে 26টি থ্রেডবিশিষ্ট 4 পন্থা বোল্ট কাটিতে হইবে।

সমাধান :—26টি থ্রেডবিশিষ্ট 4পন্থা বোল্ট, অর্থাৎ প্রতি ইঞ্চিতে $\frac{26}{4}=6\frac{1}{2}$টি থ্রেড আছে এরূপ 4টি থ্রেড কাটিতে হইবে। পূর্বের উদাহরণে এরূপ 2 পন্থা থ্রেড কাটা হইয়াছিল, এক্ষেত্রে 4 পন্থা থ্রেড কাটিতে হইবে। পূর্বের ন্যায় 2, 6 এবং 4, 8 দাগে হাফ-নাট লিভার ফেলিয়া দুটি থ্রেড কাটিতে হইবে। তাহার পর 1, 5 এবং 3, 7 (চেঞ্জিং ডায়ালে এই সংখ্যাগুলি লেখা থাকে না, কেবল ছোট ছোট দাগ টানা থাকে) নম্বর দাগে হাফ-নাট লিভার ফেলিয়া বাকী থ্রেড দুটি কাটিতে হইবে। 8 হইতে 1 নম্বর দাগের দূরত্ব এবং 4 হইতে 5 নম্বর দাগের দূরত্ব 8 হইতে 4 নম্বর দাগের দূরত্বের $\frac{1}{4}$ ভাগ। যেহেতু 4 এবং 8 নম্বর দাগে হাফ-নাট লিভার ফেলিলে, একই থ্রেড ধরিতেছে, সুতরাং 1 এবং 5 নম্বর দাগে ফেলিলে বাটালিটি 4 এবং 8 নম্বর দাগে হাফ নাটটি ফেলিলে যে থ্রেড ধরিতেছিল তাহা হইতে এক পাকের $\frac{1}{4}$ ভাগ দূরে, আর একটি নূতন থ্রেড আরম্ভ করিবে। এইরূপে 3 এবং 7 চিহ্নিত দাগে হাফ-নাট লিভার ফেলিলে, 2 এবং 6 চিহ্নিত দাগে হাফ-নাট লিভার ফেলিলে যে থ্রেড ধরিত তাহা হইতে এক পাকের $\frac{1}{4}$ ভাগ দূরে আর একটি নূতন থ্রেড কাটিবে। এইরূপে ঈপ্সিত মোট 4টি থ্রেড পাওয়া যাইবে।

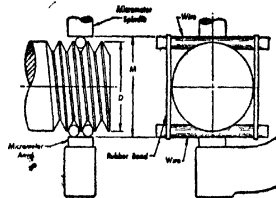
প্রতি ইঞ্চিতে কয়টি থ্রেড আছে কিরূপে মাপিতে হয় ?

প্রতি ইঞ্চিতে কয়টি থ্রেড আছে তাহা স্কেল বসাইয়া মাপা যায়। এখানে লক্ষ্য করিবার যে প্রথম থ্রেডটি বাদ দিয়া থ্রেডের সংখ্যা গুণিতে হয়। এক ইঞ্চিতে যদি পূর্ণ সংখ্যক থ্রেড না থাকে, তাহা হইলে যতক্ষণ না পর্যন্ত একটি থ্রেডের মাথা স্কেলের ইঞ্চি সূচক মাপের বিপরীতে আসিতেছে ততক্ষণ গুণিয়া যাইতে হইবে। পরে থ্রেডের সংখ্যাকে ইঞ্চির সংখ্যা দ্বারা ভাগ দিলে প্রতি ইঞ্চিতে কয়টি থ্রেড আছে জানিতে পারা যাইবে। ৮৬ নং চিত্রের ন্যায় থ্রেড পিচ গেজ সাহায্যেও প্রতি ইঞ্চিতে কয়টি থ্রেড আছে মাপিতে পারা যায়।

৮৬ নং চিত্র

পিচ ডায়্যামিটার কিরূপে মাপা হয় ?

থ্রেড মাইক্রোমিটার পদ্ধতি :—৮৭ নং চিত্রের ন্যায় থ্রেড মাইক্রোমিটার সাহায্যে থ্রেডের পিচ ডায়্যামিটার মাপা যায়। থ্রেড মাইক্রোমিটারে মাপ দেখিবার নিয়ম ঠিক সাধারণ মাইক্রোমিটারের ন্যায়। থ্রেড মাইক্রোমিটারের ও সাধারণ মাইক্রোমিটারের মধ্যে কেবলমাত্র তফাৎ এই যে থ্রেড মাইক্রোমিটারের স্পিণ্ডলের মুখ থ্রেডের রকম অনুযায়ী 60, 55 বা অন্য কোন ডিগ্রীতে ছুঁচাল করা থাকে এবং স্পিণ্ডল যত ডিগ্রী ছুঁচাল থাকে এন্ভিলে তত ডিগ্রী খাঁজ কাটা থাকে।

৮৭ নং চিত্র

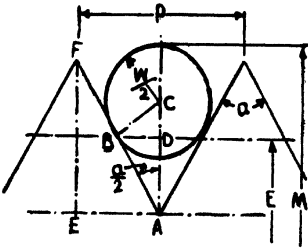
থ্রি ওয়্যার মেথড (Three Wire Method)—অর্থাৎ **তিন তার পদ্ধতি**—এই পদ্ধতিতে সূক্ষ্মভাবে পিচ ডায়্যামিটার মাপিতে পারা যায় বলিয়া ট্যাপ, থ্রেড গেজ প্রভৃতি সূক্ষ্ম যন্ত্রপাতি এই পদ্ধতিতে মাপা হয়।

তিনটি তার ৮৮ নং চিত্রের ন্যায় সাজান হয়। দুইটি তার পাশাপাশি থ্রেডের ফাঁকে (Space) থাকে।

৮৮ নং চিত্র

এবং তৃতীয় তারটি ঠিক বিপরীত থ্রেডের ফাঁকে থাকে। ৮৮ নং চিত্রের ন্যায় রবার ব্যাণ্ড বা রিং-এর সাহায্যে তারগুলিকে আটকাইয়া রাখা যাইতে পারে। একটি মাইক্রোমিটারের সাহায্যে তারগুলির উপর মাপ নিয়া, বিভিন্ন প্রকার থ্রেডের জন্য নির্দিষ্ট বিভিন্ন সূত্র সাহায্যে পিচ ডায়্যামিটার হিসাব করিয়া বাহির করা হয়।

৮৯ নং চিত্রে মনে কর W=তারের ব্যাস P=থ্রেডের পিচ ;

M=তারের উপরের অর্থাৎ মাইক্রোমিটারের মাপ

E=থ্রেডের পিচ ডায়্যামিটার ; a≡থ্রেডের অ্যাঙ্গল।

৮৯নং চিত্র

তাহা হইলে,

$$\frac{BC}{AC}=\sin\frac{a}{2}$$

অর্থাৎ $AC=\dfrac{BC}{\sin\frac{a}{2}}=\dfrac{W/2}{\sin\frac{a}{2}}$

$$EF=AE\cot\frac{a}{2}=\frac{P}{2}\cot\frac{a}{2}$$

$$AD=\frac{EF}{2}=\frac{P}{4}\cot\frac{a}{2}$$

তারের উপরের দূরত্ব $=M=E+W+2CD$ ... (1)

কিন্তু $CD=AC-AD=\dfrac{W}{2\sin\frac{a}{2}}-\dfrac{P}{4}\cot\dfrac{a}{2}$

1 নম্বর সমীকরণে উপরিউক্ত মান বসাইলে দাঁড়ায়

$$M=E+W+\frac{W}{\sin\frac{a}{2}}-\frac{P}{2}\cot\frac{a}{2}$$

অথবা $M=E+W\left\{1+\dfrac{1}{\sin\frac{a}{2}}\right\}-\dfrac{P}{2}\cot\dfrac{a}{2}$ ... (2)

পিচ ডায়্যামিটার মাপিবার সাধারণ সূত্র

$$M=E+W\left\{1+\frac{1}{\sin\frac{a}{2}}\right\}-\frac{P}{2}\cot\frac{a}{2}$$

তারের ব্যাস :—তারের ব্যাস যে কোন মাপের হইলেই চলিবে কেবলমাত্র লক্ষ্য রাখিতে হইবে তার তিনটি যেন এক মাপের হয়, থ্রেডের দুই পার্শ্বে ঠেকে

এবং থ্রেডের মাথা হইতে যথেষ্ট পরিমাণ উঁচুতে থাকে, যাহাতে মাইক্রোমিটার দ্বারা মাপা সম্ভব হয়। তবে তারের ব্যাসের মাপ যদি এরূপ হয় যে উহা থ্রেডের ঠিক পিচ লাইনে স্পর্শ করে তাহা হইলে সর্বাপেক্ষা ভাল হয়। তার যাহাতে পিচ লাইনে স্পর্শ করে সেইজন্য তারের ব্যাস নিম্নোক্তভাবে বাহির করিতে হয়—

$$BD=\frac{P}{4}=BC\cos\frac{a}{2} \text{ অথবা } BC=\frac{P}{4\cos\frac{a}{2}}$$

$$\text{অথবা } 2\,BC=W=\frac{P}{2\cos\frac{a}{2}}$$

হুইটওয়ার্থ থ্রেডের ফর্মুলা

আমরা জানি হুইটওয়ার্থ থ্রেডে

থ্রেডের গভীরতা $=0{\cdot}6403P$

পিচ ডায়ামিটার $=E=$ বাহিরের ব্যাস $-$ গভীরতা $=OD-0{\cdot}6403P$

থ্রেডের অ্যাঙ্গল $=a=55^\circ$

উপরিউক্ত মানগুলি (Values) পিচ ব্যাস মাপিবার সাধারণ সূত্রে বসাইলে, দাঁড়ায়

$$M=OD-0{\cdot}6403P+3{\cdot}1657W-\frac{1{\cdot}921P}{2} \quad [\because \sin\frac{a}{2}={\cdot}46174$$

$$\therefore\ M=OD-1{\cdot}6008P+3{\cdot}1657W \qquad \text{এবং } \cot\frac{a}{2}=1{\cdot}921]$$

এবং $E=M-3{\cdot}1657W+0{\cdot}9605P$

সর্বাপেক্ষা বাঞ্ছিত তারের ব্যাস $W=0{\cdot}5637P$

ব্রিটিশ অ্যাসোসিয়েসন (B. A.) থ্রেডের ফর্মুলা

বি. এ. থ্রেডে আমরা জানি

থ্রেডের গভীরতা $=0{\cdot}6P$

পিচ ডায়ামিটার $=OD-0{\cdot}6P$

থ্রেডের অ্যাঙ্গল $=47\frac{1}{2}^\circ$

উপরিউক্ত মানগুলি সাধারণ সূত্রে বসাইলে, আমরা পাই

$M=OD-1{\cdot}7363P+3{\cdot}4829W$

$E=M-3{\cdot}4829W+1{\cdot}1363P$

তারের সর্বাপেক্ষা বাঞ্ছিত মাপ হইতেছে

$W=0{\cdot}5462P$

আমেরিকান ষ্ট্যাণ্ডার্ড ও মেট্রিক থ্রেডের ফর্মুলা

আমেরিকান ষ্ট্যাণ্ডার্ড ও মেট্রিক থ্রেডে আমরা জানি—

গভীরতা $= 0{\cdot}6495P$; পিচ ডায়ামিটার $= OD - 0{\cdot}6495P$

থ্রেডের অ্যাঙ্গল $= 60^\circ$

সুতরাং $M = OD - 1{\cdot}5155P + 3W$

$E = M - 3W + 0{\cdot}866P.$

তারের সর্বাপেক্ষা বাঞ্ছিত মাপ $= W = 0{\cdot}5773P.$

তিন-তার পদ্ধতি দ্বারা মাপিবার সীমা :—এক পন্থাবিশিষ্ট থ্রেডের ক্ষেত্রে তিন-তার দ্বারা মাপিলে যথেষ্ট নিখুঁত মাপ পাওয়া যায়। কিন্তু একাধিক পন্থাবিশিষ্ট থ্রেডের ক্ষেত্রে যখন লিড বেশী হয় তখন এই পদ্ধতি দ্বারা যথেষ্ট নিখুঁত মাপ পাওয়া যায় না। ইহা ছাড়া থ্রেডের মাথা যদি ভোঁতা হয়, তাহা হইলেও এই পদ্ধতি দ্বারা তাহা ধরা যায় না।

তিন-তার পদ্ধতি (Three-wire Method) দ্বারা কিরূপে থ্রেডের অ্যাঙ্গল পরীক্ষা করা হয় ?

পূর্ব বর্ণিত উপায়ে প্রথমে এক সেট (Set) অর্থাৎ একই ব্যাসবিশিষ্ট তিনটি তার লইয়া মাপ লইতে হয়। পরে অন্য ব্যাসবিশিষ্ট অপর এক সেট (Set) তার লইয়া পুনরায় মাপ লইতে হয়। ইহার পর নিম্নলিখিত সূত্র সাহায্যে থ্রেডের অ্যাঙ্গলের মাপ বাহির করিতে হয়—

$$\text{Sin}\,\frac{a}{2} = \frac{W - w}{(M - m) - (W - w)}$$

যখন, W = বড় ব্যাসবিশিষ্ট তারের ব্যাস

w = ছোট ব্যাসবিশিষ্ট তারের ব্যাস

M = বড় তারের উপরে মাপ

m = ছোট তারের উপরে মাপ

a = থ্রেডের অ্যাঙ্গল।

উদাহরণ 1. নিম্নলিখিত থ্রেড সকল মাপিবার সময় পিচ লাইন স্পর্শ করে এরূপ তারের ব্যাস বাহির কর :—

	থ্রেড	পিচ
(ক)	$1\frac{1}{4}$ B. S. W.	0·1429 ইঞ্চি
(খ)	O B. A. (6 মিলিমিটার)	1 মিলিমিটার

সমাধান

(ক) $W=0.5637P=0.5637\times0.1429=0.081$ ইঞ্চি

(খ) $W=0.5462P=0.5462\times1=0.5462$ মিলিমিটার।

উদাহরণ 2. নিম্নলিখিত থ্রেড সকলের তারের উপরের মাপ বাহির কর—

	থ্রেড	তারের মাপ
(ক)	$\frac{1}{2}$ ইঞ্চি (B. S. F.) 16 T. P. I.	0.040 ইঞ্চি
(খ)	6 মিলিমিটার মেট্রিক (1 মিলিমিটার পিচ)	0.6 মিলিমিটার

সমাধান :—(ক) $M=OD-1.6008P+3.1657W$

$=\frac{1}{2}-1.6008\times\frac{1}{16}+3.1657\times0.040$

$=0.5-0.10005+0.1266$

$=0.6266-0.10005$

$=0.5266$ ইঞ্চি।

(খ) $M=OD-1.5155P+3W$

$=6-1.5155\times1+3\times.6$

$=6-1.5155+1.8$

$=6.2845$ মিলিমিটার।

উদাহরণ 3. তারের উপরের মাপ হইতে নিম্নলিখিত থ্রেড সকলের পিচ ডায়ামিটার বাহির কর—

	তারের উপরের মাপ (M)	থ্রেড	পিচ	তারের ব্যাস
(ক)	0.5334	$\frac{1}{2}$ ইঞ্চি U.S.S.	0.0769	0 050 ইঞ্চি
(খ)	20.71 মিলিমিটার	20 মিলিমিটার মেট্রিক	2.5 মিলিমিটার	1.5 মিলিমিটার

সমাধান :—(ক) $E=M-3W+0.866P$

$=0.5334-3\times0.0.50+0.866\times0.0769$

$=0.5334-0.15+.0666=.45$ ইঞ্চি

(খ) $E=M-3W+0.866P$

$=20.71-3\times1.5+0.866\times2.5$

$=20.71-4.5+2.165=18.375$ মিলিমিটার।

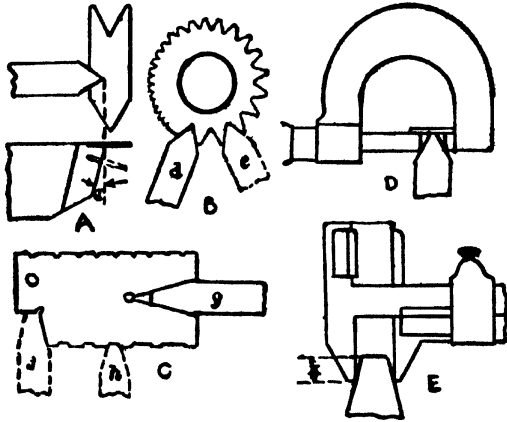
উদাহরণ 4. একটি $2\frac{1}{4}$ ইঞ্চি B.S.W. (4 T.P.I) স্ক্রু পরীক্ষা করিয়া দেখা গেল 0.150 ইঞ্চি ব্যাসের তারের উপর উহার মাপ 2.3265 ইঞ্চি। যদি সর্বাপেক্ষা অধিক 2.0899 ইঞ্চি পর্যন্ত পিচ ডায়ামিটার চলে তাহা হইলে স্ক্রুটির পিচ ডায়ামিটার উহা হইতে কত বড় ?

$E=2.3265-3.1657\times0.150+0.9605\times0.25$

$=2.0918$ ইঞ্চি

সুতরাং স্ক্রুটির পিচ ডায়্যামিটার (2·0918−2·0899) = ·0019 ইঞ্চি বড়।

থ্রেড কাটিং টুলের অ্যাঙ্গল পরীক্ষা করিবার জন্য সাধারণতঃ ৯০নং চিত্রের (A)-এর ন্যায় **থ্রেড অ্যাঙ্গল গেজ** ব্যবহার করা হয়। কিন্তু (B)-এর ন্যায় থ্রেড গেজ ব্যবহার করা অধিক সুবিধাজনক। কারণ ইহা দ্বারা প্রোফাইল অ্যাঙ্গল ও থ্রেডের মাথার ফ্ল্যাট অংশের প্রস্থ (Thickness) মাপিতে পারা যায়। এই প্রকার গেজের পরিধিতে প্রতি ইঞ্চিতে বিভিন্ন সংখ্যক থ্রেডের জন্য বিভিন্ন মাপের খাঁজ কাটা থাকে এবং কোনটি প্রতি ইঞ্চিতে কয়টি থ্রেড মাপিবার জন্য তাহা প্রতিটির উপরে লেখা থাকে।

A এবং B-এ প্রদর্শিত গেজের ন্যায় গেজ ব্যবহার করিবার সময় খেয়াল রাখা দরকার গেজটি যেন কাটিং এজের সহিত একই তলে ধরা হয়।

৯০ নং চিত্র

উহা A-তে ছাড়াছাড়া (dotted) লাইন দ্বারা প্রদর্শিত গেজের ন্যায় ফ্রন্ট সাইডের (Front side) সহিত লম্বভাবে ধরিলে ভুল হইবে। উহার প্রকৃত প্রোফাইল অ্যাঙ্গলের মাপ পাওয়া যাইবে না।

(C)-এর ন্যায় দেখিতে **একমি থ্রেড গেজ** দ্বারা একমি (Acme) কাটিং টুল পরীক্ষা করা হয়। থ্রেডটি ঠিক 29 ডিগ্রীতে গ্রাইণ্ড করা হইয়াছে কি না তাহা g-এর ন্যায় 29 ডিগ্রীর খাঁজে বসাইয়া পরীক্ষা করা হয়। বাটালির মুখের সহিত কাটিং এজের (cutting edge) অ্যাঙ্গল ঠিক আছে কি না তাহা j-এর ন্যায় পরীক্ষা করা হয়। বাটালির মুখের চওড়া মাপিবার

জন্ত প্রতি ইঞ্চিতে বিভিন্ন সংখ্যক থ্রেডের উপযোগী বিভিন্ন মাপের ছোট ছোট খাঁজ কাটা থাকে। উহা দ্বারা h-এর ন্যায় বাটালির মুখের ফ্ল্যাট অংশের মাপ লওয়া হয়।

E-এর ন্যায় ভার্ণিয়ার গিয়ার-টুথ ক্যালিপার সাহায্যেও একমি থ্রেড বাটালির মুখের প্রস্থ মাপা যায়। যদি ক্যালিপারটি বাটালির মুখ হইতে x-দূরে কাটিং এজকে স্পর্শ করে তাহা হইলে নিম্নলিখিত সূত্র সাহায্যে বাটালির মুখের প্রস্থ বাহির করা যায়—

সূত্র ঃ দাঁতের মুখের প্রস্থের মাপ = ক্যালিপার প্রাপ্ত মাপ—$2X \tan 14°30'$

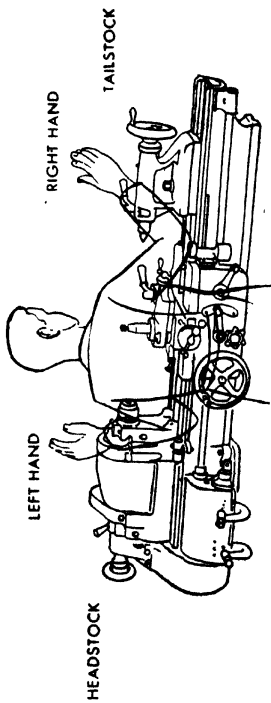
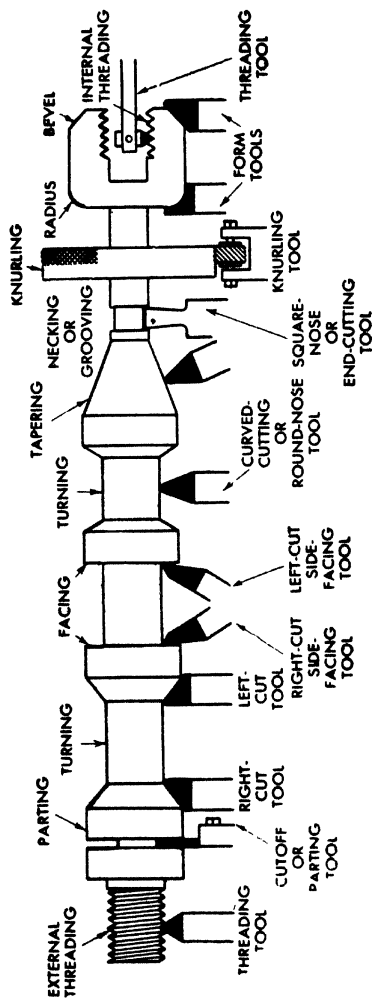
সপ্তম অধ্যায়

লেদের বাটালি (Lathe Tools)

কেবলমাত্র ভাল লেদ হইলেই লেদে ভাল কাজ পাওয়া যায় না। লেদের উৎপাদন এবং নির্ভুলতা (Accuracy) বাটালির কাটিবার দক্ষতার উপর অনেকাংশে নির্ভর করে। বাটালির কাটিবার দক্ষতা আবার নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে।

(ক) বাটালির উপাদান (The Tool Materials)
(খ) বাটালির ডিজাইন (The Design of the Tool) ও বস্তুর উপাদান (The Job Material)
(গ) কাটিং স্পীড (The Cutting Speed)
(ঘ) ফীড এবং কোপের গভীরতা (Feed and Depth of Cut)
(ঙ) কাটিং ফ্লুইডের ব্যবহার (The Uses of Cutting Fluid)

(ক) বাটালির উপাদান (The Tool Material):—বাটালির উপাদান সর্বাগ্রে কঠিন (Hard) হওয়া প্রয়োজন. কারণ বাটালিকে অপর উপাদান ছেদ করিয়া ঢুকিতে হয়। ইহা ছাড়াও বাটালি যাহাতে ধাক্কা (Shock) সহ্য করিতে পারে তারজন্য দুশ্ছেদ্য (Tough) হওয়াও প্রয়োজন। সাধারণতঃ নিম্নলিখিত উপাদান সকল হইতে বাটালি তৈয়ারী হয়।

(1) কার্বন টুল ষ্টীল (Carbon Tool Steel)
(2) হাই স্পীড ষ্টীল (High Speed Steel)
(3) সিমেণ্টেড কার্বাইড (Cemented Carbide)
(4) কাষ্ট নন্-ফেরাস্ অ্যালয় (Cast Non-Ferrous Alloy)
(5) সিরামিক বা সিণ্টার্‌ড অক্সাইড (Sintered Oxide)
(6) ডায়মণ্ড (Diamond)

FACING THE LATHE

২১ নং চিত্র—বিভিন্ন প্রকার লেদের বাটালি

1. **কার্বন টুল ষ্টীল** (Carbon Tool Steel) :—এই প্রকার ষ্টীলে 0·9% হইতে 1·4% কার্বন থাকে। পূর্বে ইহা হইতে লেদের বাটালি তৈয়ারী হইত, কিন্তু হাইস্পীড ষ্টীল আবিষ্কারের পর হইতে ইহার প্রচলন উঠিয়া গিয়াছে বলিলেই চলে। তবে খুব হাল্কা কাজে ও ব্রাস কাটিতে ইহা এখনও বিশেষ উপযোগী।

2. **হাইস্পীড ষ্টীল** (High Speed Steel) :—কার্বন ষ্টীল অপেক্ষা অনেক বেশী তাপে হাইস্পীড ষ্টীলের কঠিনতা (Hardness) থাকে বলিয়া এবং ইহার ধাতু কাটিবার উপযুক্ত ক্ষমতা (Strength) আছে বলিয়া অধিকাংশ মেসিনশপে আজকাল হাইস্পীড ষ্টীলের বাটালিই ব্যবহার করা হয়। সাধারণতঃ 18% টাংগ্সটেন (Tungsten), 4% ক্রোমিয়াম (Chromium) ও 1% ভ্যানেডিয়াম (Vanadium) বিশিষ্ট হাইস্পীড ষ্টীলের বাটালিই বেশী ব্যবহার হয়, কিন্তু কঠিন (Tough) গ্রেডের ষ্টীল কাটিতে ইহার উপর আবার বেশী অনুপাতে কোবাল্ট (Cobalt) মিশ্রিত করিয়া সুপার হাইস্পীড ষ্টীল তৈয়ারী হয়। হাইস্পীড ষ্টীলের বাটালির দাম কার্বন ষ্টীল অপেক্ষা অধিক হইলেও, ইহার উৎপাদন ক্ষমতা, স্থায়িত্ব প্রভৃতি গুণের জন্য এই প্রকার ষ্টীলের টুল শেষ পর্যন্ত অনেক সস্তা পড়ে।

3. **সিমেণ্টেড কারবাইড** (Cemeted Carbide) :—আজকাল টাংগ্সটেন (Tungsten), ট্যান্টেলাম (Tantalum) ও টাইটেনিয়াম (Titanium) কার্বাইডের মুখবিশিষ্ট বাটালি খুবই জনপ্রিয় হইয়া উঠিয়াছে। টাংগ্সটেন, টাইটেনিয়াম বা ট্যানটেলাম কার্বাইডের মিহিগুঁড়া বন্ধনী উপাদান (Binder) নিকেল বা ধাতব কোবাল্টের সহিত মিশ্রিত করিয়া মিশ্রিত পদার্থকে উচ্চ চাপে (High Pressure) রাখিয়া বাটালির আকৃতি দেওয়া হয়, পরে সিণ্টারিং (Sintering) নামে পরিচিত একপ্রকার হিটট্রিটমেণ্ট করিয়া ইহা প্রস্তুত করা হয়। ইহা বিভিন্ন গ্রেডের হইয়া থাকে, তবে অধিকাংশ কারখানায় দুই প্রকারের কার্বাইড অ্যালয় রাখা হয়—একপ্রকার কাষ্ট আয়রণ ও নন্-ফেরাস (Non-Ferrous) বস্তু কাটিবার জন্য এবং অন্য প্রকার ষ্টীল (Steel) কাটিবার জন্য। কিন্তু ইহার দাম খুব বেশী বলিয়া এবং হাইস্পীড ষ্টীল অপেক্ষা ইহার টেনসাইল ষ্ট্রেংথ (Tensile Strength) কম বলিয়া ইহার ছোট টুকরা

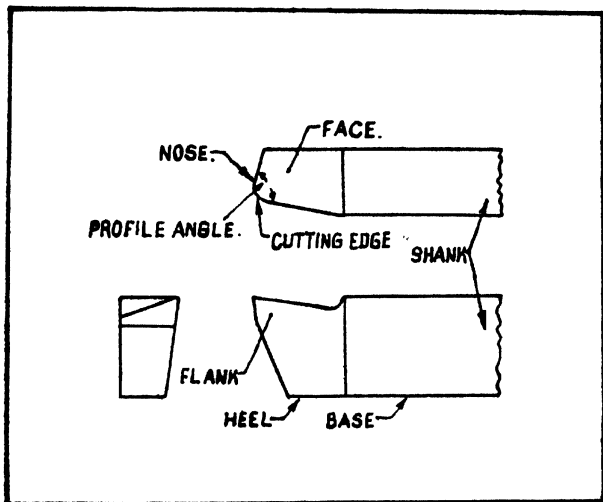
কার্বন ষ্টীল নির্মিত স্যাঙ্কের (Shank) ডগায় ব্রেজিং (Brazing) করিয়া লাগাইয়া ইহা ব্যবহার করা হয়। ইহাতে হাইস্পীড অপেক্ষা অনেক বেশী কাটিং স্পীড দেওয়া যায় এবং কার্যতঃ মেসিন যদি টানিতে পারে তাহা হইলে যে কোন গভীরতার কোপ (Depth of Cut) কাটিতে পারে। ইহা ব্যবহার করিবার সময় লক্ষ্য রাখিতে হয় যাহাতে ইহার উপর কোনরূপ ধাক্কা না লাগে, কারণ ইহা মোটেই ধাক্কা (Shock) সহ্য করিতে পারে না।

4. **কাষ্ট নন্-ফেরাস্ অ্যালয়** (Cast Non-Ferrous Alloy) :—প্রধানতঃ ক্রোমিয়াম ও কোবাল্ট মিশ্রিত করিয়া বিভিন্ন গ্রেডের যে **ষ্টেলাইট** (Stellite) **অ্যালয়** (Alloy) প্রস্তুত হয় তাহা কাষ্ট আয়রণ, ম্যালিয়েব্‌ল আয়রণ (Malleable Iron) ও খুব শক্ত ব্রোঞ্জ কাটিবার পক্ষে বিশেষ উপযোগী। ইহা লৌহ (Iron) বিবর্জিত হওয়ায় হিট্‌ট্রিট্‌মেণ্ট (Heat Treatment) দ্বারা ইহাকে নরম করিতে পারা যায় না, এবং সহজে মেসিনে কাটাও যায় না। ইহার আকৃতি কাষ্টিং (Casting) করিয়া দেওয়া হয় এবং গ্রাইণ্ডিং করিয়া ইহাকে মাপে আনা হয়।

ইহা হাইস্পীড ষ্টীল অপেক্ষা শক্ত এবং গরম হইয়া লাল হইয়া যাইলেও ইহার টেম্পার নষ্ট হয় না; সেইজন্য এই প্রকার বাটালি দ্বারা হাইস্পীড ষ্টীল অপেক্ষা বেশী স্পীডে মাল কাটা যায়। কিন্তু ইহা হাইস্পীড অপেক্ষা ভঙ্গুর—সেইজন্য কাটিং এজকে জোরদার করিবার জন্য ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল যতদূর সম্ভব কম দিতে হয়। কম্পন সহ্য করিতে পারে না বলিয়া এই প্রকার বাটালি সাহায্যে ধাতু কাটা অসুবিধাজনক। প্লাষ্টিক প্রভৃতি অধাতব বস্তু কাটিতে ইহা বিশেষ উপযোগী।

5. **সিরামিক বা সিণ্টারড অক্সাইড** (Ceramics or Sintered Oxides) :—কাঁচ, পোর্‌সিলিন ইত্যাদিকে সিরামিক পদার্থ বলে। সম্প্রতি অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড পাউডারকে (এবং সময় সময় ইহার সহিত অল্প পরিমাণ অন্য ধাতব অক্সাইড ও বন্ধনী উপাদান (Binder) মিশ্রিত করিয়া) না গলাইয়া চাপ এবং তাপ প্রয়োগে অর্থাৎ সিণ্টারিং পদ্ধতি দ্বারা শক্ত ও জমাট বাঁধাইয়া এই প্রকারের এক সিরামিক পদার্থ তৈয়ারী হইতেছে। ইহা পূর্ব বর্ণিত সকল উপাদান অপেক্ষা শক্ত কিন্তু ভীষণ ভঙ্গুর। ইহা কোনরূপ কম্পন সহ্য করিতে

পারে না। দৃঢ় মেসিনে বেশী স্পীডে ও হাল্কা কোপে অলৌহজাত ধাতু ও অধাতব দ্রব্য কাটিতে ইহা বিশেষ উপযোগী।

6. ডায়মণ্ড টুল (Diamond Tool) :—আমরা যত প্রকারের বস্তু জানি তাহার মধ্যে হীরকই (Diamond) সর্বাপেক্ষা অধিক কঠিন। 5000 ফুট কাটিং

৯২ নং চিত্র

স্পীডে ইহা দ্বারা ভাল কাটা যায়। খুব শক্ত জিনিস কাটিতে ভাল ফিনিসের পক্ষে ইহা বিশেষ উপযুক্ত।

(খ) **বাটালির ডিজাইন ও মালের উপদান** (Tool Design and Job Material) :—লেদের বাটালির আকৃতি ও ইহা কিরূপে কাজ করে তাহা বিবেচনা করিবার পূর্বে একটি বাটালিকে যে সমস্ত কোণে গ্রাইণ্ডিং (Grinding) করা হয় তাহা জানা প্রয়োজন। প্রধানতঃ একটি বাটালিকে নিম্নলিখিত তিন প্রকার কোণে গ্রাইণ্ডিং করা হয় :–

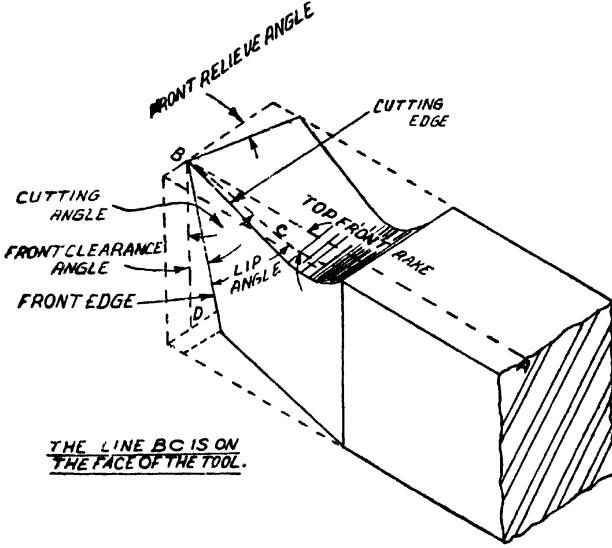
(1) **ক্লিয়ারেন্স** (Clearance)

(ক) সাইড ক্লিয়ারেন্স (Side Clearance)

(খ) ফ্রন্ট ক্লিয়ারেন্স (Front Clearance)

(2) **টপ রেক** (Top Rake)

(ক) টপসাইড রেক (Top-Side Rake)

(খ) টপ ফ্রন্ট রেক বা ব্যাক রেক (Top Front or Back Rake)

৯৩ নং চিত্র

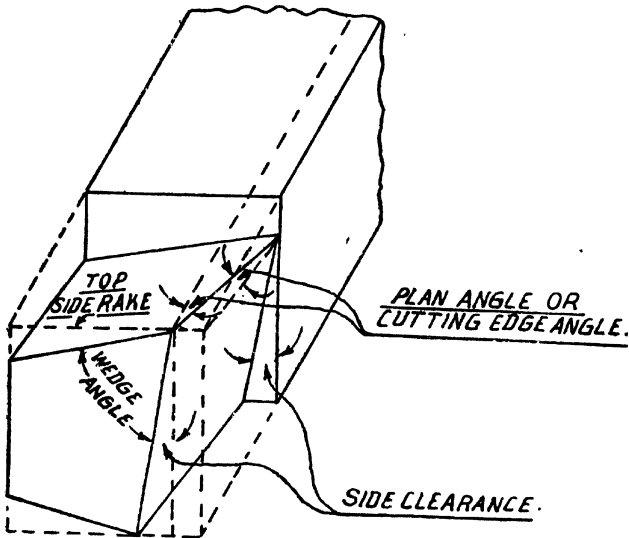
(3) **কাটিং অ্যাঙ্গল** (Cutting Angle)

বাটালির উপরিউক্ত কোণগুলি ৯২, ৯৩ ও ৯৪ নং চিত্রে দেখান হইয়াছে।

সাইড ক্লিয়ারেন্স :—বাটালির যে পাশ (Side) কাটে সেই পাশে উপর হইতে নীচের দিকে যে ঢাল থাকে তাহাকে সাইড ক্লিয়ারেন্স বলে।

ফ্রন্ট ক্লিয়ারেন্স :—বাটালির মুখ (Nose) হইতে তলদেশের উপর লম্ব টানিলে ঐ লম্বটি বাটালির সম্মুখের কিনারের (Front-edge) সহিত যে কোণ উৎপন্ন করে, তাহাকে ফ্রন্ট ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল বলে।

টপ সাইড রেক (Top-side Rake) :—বাটালির উপরের পৃষ্ঠে (Face) কাটিং-এজ (Cutting-edge) হইতে পার্শ্বের দিকে যে ঢাল থাকে তাহাকে টপসাইড রেক বলে।

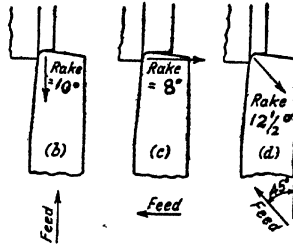
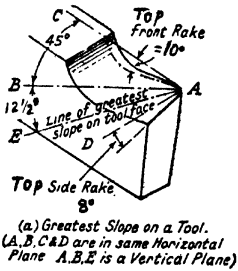
টপ ফ্রন্ট রেক (Top Front Rake) :—বাটালির উপর পৃষ্ঠে (Face) সম্মুখ হইতে পিছন দিকের বা পিছন হইতে সম্মুখ দিকের ঢাল বাটালির তলদেশের (Base) সমান্তরাল রেখার সহিত যে কোণ উৎপন্ন করে, তাহাকে টপ ফ্রন্ট রেক বলে। যখন ঢাল সম্মুখ হইতে পশ্চাৎ দিকে থাকে তখন তাহাকে পজিটিভ টপ ফ্রন্ট রেক (Positive Top Front Rake) ও যখন ঢাল পশ্চাৎ হইতে সম্মুখের দিকে থাকে, তখন তাহাকে নেগেটিভ (Negative) টপ ফ্রন্ট রেক বলে।

১৪ নং চিত্র

কাটিং অ্যাঙ্গল (Cutting Angle) :—বাটালির মুখ (Nose) হইতে বাটালির ফেসের (Face) উপর শ্যাঙ্কের (Shank) খাড়াই পার্শ্বের (Side) সমান্তরাল একটি কাল্পনিক রেখার সহিত, বাটালির মুখ হইতে তলদেশের (Base) উপর লম্ব যে কোণ উৎপন্ন করে, তাহাকে কাটিং অ্যাঙ্গল বলে।

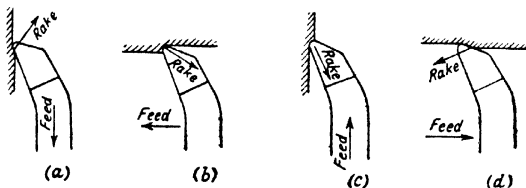
লিপ অ্যাঙ্গল (Lip Angle) :—বাটালির মুখ হইতে বাটালির ফেসের উপর শ্যাঙ্কের খাড়াই পার্শ্বের সমান্তরাল একটি কাল্পনিক রেখার সহিত বাটালির সম্মুখের কিনারা যে কোণ উৎপন্ন করে, তাহাকে লিপ অ্যাঙ্গল বলে।

ইহা ছাড়াও টুলস অ্যাঙ্গলের সহিত জড়িত যে সকল নাম (Terms) ব্যবহৃত হয়—প্ল্যান অ্যাঙ্গল (Plan Angle), প্রোফাইল অ্যাঙ্গল (Profile Angle), রিলিভ অ্যাঙ্গল (Relieve Angle) প্রভৃতি তাহাদের অন্যতম। এই সকল অ্যাঙ্গল কাহাকে বলে তাহাও ৯২, ৯৩ ও ৯৪ নং চিত্রে দেখান হইয়াছে।

বিভিন্ন টুল অ্যাঙ্গেলের কার্যকারিতা :—৯৫ (a) নং চিত্রের ন্যায় একটি বাটালির কথা ধরা যাক। ইহার টপ ফ্রন্ট রেক 10°, সাইড রেক 8° এবং সর্বাধিক ঢাল $12\frac{1}{2}°$ AE সরলরেখার দ্বারা দেখান হইয়াছে। এইবার এই বাটালিটিকে যদি তাহার দৈর্ঘ্যের সমান্তরালভাবে চালনা করা যায় তাহা হইলে ৯৫ (b) নং চিত্রের ন্যায় ইহা তাহার 10° টপ ফ্রন্ট রেক দ্বারা কাটিবে। যদি বাটালিটিকে ৯৫ (c) নং চিত্রের ন্যায় দৈর্ঘ্যের লম্বভাবে চালনা করিয়া বস্তু কাটা হয় তাহা হইলে ইহা 8° টপসাইড রেক দ্বারা কাটিবে এবং ৯৫ (d) নং চিত্রের ন্যায় ইহার দৈর্ঘ্যের সহিত 45° কোণ করিয়া কাটিলে বাটালিটির $12\frac{1}{2}°$ টপ রেক তখন কাজ করিবে। সুতরাং আমরা দেখিতে পাইতেছি যে, বাটালিটি কিভাবে কাটিতেছে তাহার উপর কোন টপ রেক কত হইবে

(a) Greatest Slope on a Tool. (A,B,C&D are in same Horizontal Plane A.B.E is a Vertical Plane)

৯৫ নং চিত্র

তাহা নির্ভর করে। যেমন ধরা যাক, (b)-তে সাইড রেক কোন কাজ করিতেছে না ; ইচ্ছা করিলে ইহা বাদ দিয়া দেওয়া যায়। (c)-তে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে টপসাইড রেকই একমাত্র কাজ করিতেছে, টপ ফ্রন্ট রেক এক্ষেত্রে না থাকিলেও ক্ষতি নাই। ৯৬ নং চিত্রে একটি বাটালিকে সম্ভাব্য চারি প্রকারে ব্যবহার করা হইয়াছে। যখন বাটালিটির সর্বাধিক ঢাল তীরচিহ্নের দিকে থাকিবে, তখন বাটালিটি সর্বাপেক্ষা ভাল কাজ করিবে।

টপ ফ্রণ্ট রেক, যে উপাদান কাটা হইতেছে তাহার কাঠিন্য (Hardness) ও দৃঢ়তার (Tenacity) উপর নির্ভর করে। যে উপাদান শক্ত (Hard), ভঙ্গুর (Brittle) এবং কাটিবার সময় গুঁড়া হইয়া ভাঙ্গিয়া যায়, যেমন কাষ্ট আয়রণ ও ব্রাস, সেখানে টপ ফ্রণ্ট রেক কম ও কাটিং অ্যাঙ্গল বেশী হয়। কারণ শক্ত ও ভঙ্গুর বস্তু কাটিবার সময় বাটালিটির বস্তুটির অভ্যন্তরে প্রবেশ করা অপেক্ষা বস্তুটিকে ভাঙ্গার প্রয়োজন হয় বেশী। টপ ফ্রণ্ট রেকের কাজ হইতেছে বাটালির মুখকে ছুঁচাল করা, যাহাতে ইহা বস্তুটির ভিতর ঢুকিতে পারে। কাটিং অ্যাঙ্গল বাটালির মুখকে জোরদার করে যাহাতে ইহা ভাঙ্গিয়া না যায়। সুতরাং শক্ত ও ভঙ্গুর বস্তু কাটিবার সময় টপ ফ্রণ্ট রেক কম ও কাটিং অ্যাঙ্গল বেশী দিতে হয়। মাইল্ড ষ্টীল, রট আয়রণ (Wrought Iron) প্রভৃতির ন্যায় ডাকটাইল (Ductile) ধাতু কাটিবার

১৬ নং চিত্র

সময় টপ ফ্রণ্ট রেক বাড়াইতে হয়, কারণ এক্ষেত্রে বস্তুকে ছেদ করিয়া বাটালিকে ঢুকিতে হয়। আবার তামা, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতির ন্যায় খুব নরম এবং কাটিবার সময় ভাঙ্গিয়া যায় না এরূপ ধাতু কাটিবার সময় টপ ফ্রণ্ট রেক খুব বাড়াইয়া দেওয়া চলে। কারণ তাহাতে বাটালিটি অতি সহজেই বস্তুর মধ্যে প্রবেশ করিতে সমর্থ হয় এবং বস্তুটি নরম হওয়ায় এবং কাটিবার সময় ভাঙ্গিয়া না যাওয়ায় টপ ফ্রণ্ট রেক বাড়াইবার ফলে কাটিং অ্যাঙ্গল কমিয়া গিয়া বাটালির মুখ যে দুর্বল হইয়া পড়ে তাহাতে কোন ক্ষতি হয় না।

যে উপাদান কাটা হইবে তাহার কাঠিন্য (Hardness), দৃঢ়তা (Tanacity), কোপের গভীরতা (Depth of Cut), প্রতি পাকে ফীড (Feed per Revolution) এবং মালের ফিনিসের (Finish) উপরে সাইড রেক (Side Rake) নির্ভর করে।

শক্ত এবং টাফ (Tough) উপাদান কাটিবার সময় ফ্রণ্ট ক্লিয়ারেন্স যতদূর সম্ভব কম দিতে হয়, যাহাতে কাটিং অ্যাঙ্গল বেশী হইয়া

বাটালির মুখকে জোরদার করিতে পারে। মালের ব্যাসের উপরও ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল নির্ভর করে। যে ফ্রণ্ট ক্লিয়ারেন্সবিশিষ্ট বাটালিতে ছোট ব্যাসের মাল সুন্দররূপে কাটা যাইবে সেই একই বাটালিতে বড় ব্যাসের মাল কাটিবার সময় বাটালির সম্মুখভাগ মালের সহিত ঘর্ষণের ফলে নষ্ট হইয়া যাইবে। ফীডের হারও (Rate of Feed) ফ্রণ্ট ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গলকে নিয়ন্ত্রিত করে। ফ্রণ্ট ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল যদি খুব বেশী দেওয়া হয় তাহা হইলে ফিনিস মালের উপর বাটালির অগ্রভাগের দাগ দেখা যাইবে।

ফীডের হার যত বেশী হইবে বাটালির যে দিক কাটিবে সেইদিকে সাইড ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল তত বেশী হইবে; যাহাতে কাটিবার সময় বাটালির যে কিনারা (Edge) কাটিবে, তাহার নীচের অংশ মালের সংস্পর্শে না আসে।

কোন্ উপাদানে কিরূপ টুলস অ্যাঙ্গল দেওয়া উচিত তাহার একটি তালিকা নিম্নে দেওয়া হইল :—

উপাদান	টপ ফ্রণ্ট রেক	টপসাইড রেক	লিপ অ্যাঙ্গল	ফ্রণ্ট ক্লিয়ারেন্স	সাইড ক্লিয়ারেন্স
মাইল্ড ষ্টীল	20°	15°	65°	5°	6°
কাষ্ট আয়রণ	10°	8°	70°	10°	6°
অ্যালয় ষ্টীল	10°	12°	77°	3°	6°
ব্রাস	0°	0°	84°	6°	12°
গান-মেটাল	2°	×	85°	3°	×

৯১ নং চিত্রে বিভিন্ন আকৃতির লেদের বাটালির ব্যবহার দেখান হইয়াছে।

অষ্টম অধ্যায়

কাটিং স্পীড ও ফীড

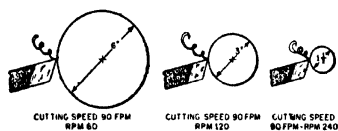
(Cutting Speed and Feed)

কাটিং স্পীড :—কাটিং স্পীড সব সময় ফুট প্রতি মিনিটে প্রকাশ করা হয়। বস্তুর পরিধির উপরের একটি বিন্দু এক মিনিটে যতটা পথ ঘোরে তাহাকে কাটিং স্পীড বলে। অর্থাৎ বস্তুটি এক মিনিটে যত পাক ঘোরে সেই প্রত্যেক পাক যদি একটি সমতলভূমির উপর গড়ায়, তাহা হইলে বস্তুটির উপরের

একটি বিন্দু একটি সরলরেখায় যত ফুট আগাইয়া যায়, তাহাকে কাটিং স্পীড বলে। ইহাকে অন্য ভাবেও বলা চলে—যদি চিপ্‌স না কাটিয়া এক টানা টার্ণিং করা সম্ভব হয়, তাহা হইলে এক মিনিটে যত ফুট লম্বা চিপস (Chips) কাটিবে, তাহাকে কাটিং স্পীড বলে। কাটিং স্পীড বাহির করিবার সূত্র হইতেছে

$$\text{কাটিং স্পীড} = \frac{\text{বস্তুর পরিধি (ইঞ্চিতে)} \times \text{প্রতি মিনিটে বস্তুর আবর্তন সংখ্যা}}{12} \text{ ফুট}$$

$$= \frac{\pi D \times R.P.M.}{12} \text{ ft.}$$

অথবা $R.P.M. = \dfrac{12 \times \text{কাটিং স্পীড}}{\pi D}$

৯৭ নং চিত্র

যখন D=বস্তুর ব্যাস (ইঞ্চিতে)
R.P.M.=প্রতি মিনিটে আবর্তন সংখ্যা
π=পাই=3·1416

উদাহরণ। একটি 3 ইঞ্চি ব্যাসবিশিষ্ট মাইল্ড ষ্টীলকে 95 ফুট কাটিং স্পীডে কাটিতে বস্তুটিকে প্রতি মিনিটে কত পাক ঘোরাইতে হইবে?

সমাধান—

$$R.P.M = \frac{12 \times \text{কাটিং স্পীড}}{\pi D} = \frac{12 \times 95}{3{\cdot}1416 \times 3} = \frac{380}{3{\cdot}1416} = 121 \text{ (আন্দাজ)}$$

ফীড—(Feed) :—লেদে টার্ণিং-এর সময় বস্তুটি এক পাক ঘুরিলে বাটালিটি যতটা দূরত্ব আগাইয়া যায়, তাহাকে ফীড বলে। একটি বস্তুকে $\frac{1}{32}$ ইঞ্চি ফীডে কাটে বলিতে বুঝায়, বস্তুটি এক পাক ঘুরিলেই বাটালিটি $\frac{1}{32}$ ইঞ্চি আগাইবে অর্থাৎ বস্তুটি 32 পাক ঘুরিলে উহার 1 ইঞ্চি পরিমাণ জায়গা টার্ণিং করা হইবে।

মেসিনের কাটিং স্পীড এবং ফীড প্রকৃত কত দেওয়া উচিত তাহা নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে :—

(1) বস্তুর আকৃতি, মাপ এবং দৃঢ়তা (Rigidity)। বিকেন্দ্রিক (Eccentric) বস্তুকে বেশী স্পীডে কাটা যায় না, তাহাতে বিপদের এবং মাপ খারাপ হইবার সম্ভাবনা থাকে।

(2) উপাদানের কাঠিন্য, তান্তবতা (Toughness) প্রভৃতি।

(3) মেশিনের শক্তি (Power) এবং দৃঢ়তা (Rigidity)।

(4) কোপের গভীরতা এবং ফিনিসের মাত্রা।

(5) বাটালির উপাদান (কার্ব্বন ষ্টীল, হাইস্পীড ষ্টীল, অ্যালয় ষ্টীল প্রভৃতি)।

(6) বাটালি কতক্ষণ অন্তর গ্রাইণ্ডিং করা হয়।

(7) কাটিং ফ্লুইডের ব্যবহার।

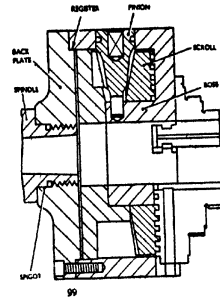
সাধারণতঃ রাফ কাটিবার সময় গভীর কোপ এবং বেশী ফীড ব্যবহার হয়, আর ফিনিস কাটিতে হালকা কোপ ও ফিনিসের মাত্রা অনুযায়ী কম ফীড দেওয়া হয়। ছোট লেদে হাল্কা কাজে বেশী স্পীড, অল্প স্পীড দিয়া এক কোপে মাপের কাছাকাছি আনা হয় এবং আর এক কোপে ফিনিস করা হয়।

সাধারণতঃ 18% টাংগস্টেন (Tungsten) বিশিষ্ট হাইস্পীড ষ্টীলের (High-speed Steel) নির্মিত বাটালির ক্ষেত্রে যে কাটিং স্পীড ব্যবহার করা হয় তাহা নিম্নে প্রদত্ত হইল—

ধাতু		কাটিং স্পীড	
হার্ড ষ্টীল (Hard Steel)	...	40-50	ফুট প্রতি মিনিটে
মাইল্ড ষ্টীল (Mild Steel	...	120-200	„ „ „
কাষ্ট আয়রণ Cast Iron)	...	50-80	„ „ „
ব্রাস (Brass)	...	200-400	„ „ „
কপার Copper)	...	200-300	„ „ „
অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)		250 450	„ „ „

নবম অধ্যায়

চাক ও চাকের কাজ

ব্যাক প্লেট টার্ণিং—মেসিন কিনিবার সময় মেসিনের সহিত যে চাক সরবরাহ করে, তাহাতে ব্যাক প্লেট ফিট করা থাকে এবং উহা সোজাসুজি স্পিণ্ডল নোজে (Nose) আটকাইয়া কাজ করা যায়। কিন্তু নূতন চাক আলাদাভাবে কিনিলে মেসিনে ফিট করিবার জন্য অনেক সময় চাকের ব্যাক প্লেট টার্ণিং করিয়া লইতে হয়। ব্যাক প্লেটের টার্ণি-এর দোষে অনেক সময় দেখা যায় নূতন চাকে বাঁধা জব (Job) বিকেন্দ্রিক-ভাবে ঘুরিতেছে। ইহার একটি প্রধান কারণ ব্যাক প্লেট ফিটিং-এর দোষ।

৯৮ নং চিত্র

প্যাচযুক্ত স্পিণ্ডল নোজ অধিক প্রচলিত বলিয়া, এই প্রকার নোজে ফিট করে এইরূপ ব্যাক প্লেটের ফিটিং সম্বন্ধে এখানে আলোচনা করা হইবে। ৯৮ নং চিত্রে এরূপ একটি ব্যাক প্লেট যুক্ত সেল্‌ফ-সেণ্টারিং চাক দেখান হইয়াছে। ব্যাক প্লেটের ঢালাইটিকে প্রথমে টার্ণিং করিয়া ঢালাইয়ের উপরের আবরণটি (Scale) তুলিয়া ফেলিতে হয়। ফলে ঢালাইয়ের সময় ধাতুর ভিতর যদি কোন Stress উৎপাদন হইয়া থাকে তাহা দূরীভূত হয়। ইহার পর ঢালাইটিতে বোর (Bore) করা হয় এবং স্পিণ্ডল নোজের উপর যে থ্রেড কাটা থাকে সেই থ্রেড এই বোরে কাটা হয়। এই একই সেটিং-এ অর্থাৎ একই ভাবে বাঁধা অবস্থায়, স্পিণ্ডলের মুখে স্পিগট (Spigot) নামে পরিচিত থ্রেডের অংশের ব্যাস অপেক্ষা সামান্য একটু বেশী ব্যাসের যে অংশটুকু থাকে তাহাতে ফিট করে এরূপভাবে পূর্বকৃত বোরের সম্মুখের দিকের অল্প একটু অংশ বড় করিতে হয় ও ব্যাক প্লেটের পশ্চাৎদিক ফেস করিতে হয়।

বোরের সম্মুখের এই বর্ধিত অংশটুকু (Recess) স্পিণ্ডল নোজের উপর ফিট হইয়া ব্যাক প্লেটটিকে এককেন্দ্রীকভাবে (Concentric) ঘোরায় ফলে, ইহারই উপর প্লেটের নিখুঁতত্ব নির্ভর করে। সেইজন্য এই অংশটুকু অত্যন্ত সাবধানে এরূপভাবে কাটিতে হয়, যাহাতে ইহা স্পিণ্ডল

নোজের স্পিগটে পুশ ফিট হইয়া বসে। ড্রাইভিং ফিট বা রানিং ফিট ব্যাক প্লেটের নিখুঁতত্ব নষ্ট করে। ব্যাক প্লেটে থ্রেডটি এরূপভাবে কাটিতে হইবে যেন উহা স্পিণ্ডল নোজের থ্রেডে আলগাভাবে ফিট করে। কারণ তাহা না হইলে, ইহার ফলে যে কেবল চাকটি খুলিতে ও পরাইতেই অহেতুক কষ্ট হইবে তাহাই নহে, ইহার ফলে বোরের সম্মুখের বর্ধিত অংশের পরিবর্তে থ্রেডটিই স্পিণ্ডল নোজের উপর ব্যাক প্লেটের অবস্থান নির্ধারণ করিবে, যাহা মোটেই বাঞ্ছনীয় নয়।

অভ্যন্তরীণ থ্রেড ও বোরের সম্মুখের অংশটুকু কাটা হইয়া যাইলে ব্যাক প্লেটটি যে মেসিনের উদ্দেশ্যে নির্মিত সেই মেসিনে ফিট করিয়া চাকটি ব্যাক প্লেটের যে অংশে ফিট হইবে সেই অংশটি কাটিতে হয়। এই অংশটি রেজিষ্টার (Register) নামে পরিচিত। ব্যাক প্লেটের রেজিষ্টারে ফিট করিবার জন্য চাকের পিছন দিকে যে অগভীর বোর বা রিসেস্ (Recess) থাকে তাহা সাধারণতঃ $\frac{1}{8}$ ইঞ্চির অধিক গভীর হয় না। সুতরাং ব্যাক প্লেটের রেজিষ্টার অংশের দৈর্ঘ্য $\frac{1}{8}$ ইঞ্চি অপেক্ষা সামান্য ছোট করিতে হইবে, যাহাতে ব্যাক প্লেট ও চাকের মধ্যে এই অংশে ফাঁক থাকে।

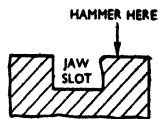
ব্যাক প্লেটের রেজিষ্টারে চাক যেন পুশ ফিট হইয়া বসে সেদিকে সতর্ক দৃষ্টি রাখিতে হইবে। ইহার উপর চাকের নিটালভাবে ঘোরা নির্ভর করে। ড্রাইভিং ফিট হইলে চাকের বডি (Body) এবং রিসেস বিকৃত হইবে, ফলে চাক নিটালভাবে ঘোরান সম্ভব হইবে না।

চাকটি ব্যাক প্লেটের রেজিষ্টারে বসিলে চারটি বা ছয়টি স্ক্রু দ্বারা ইহাকে ব্যাক প্লেটের সহিত আঁটিয়া রাখা হয়।

চাক নির্মাণের সময় চাকের বাহিরের ব্যাস ও ব্যাক প্লেটে ফিট করিবার রিসেস্ একই সেটিং-এ কাটা হয়। ইহা জানা থাকা বিশেষ প্রয়োজন। কারণ, ইহা জানা থাকিলে ব্যাক প্লেটে চাকটি সঠিকভাবে ফিট করা হইয়াছে কি না তাহা অতি সহজে পরীক্ষা করা যায়। ব্যাক প্লেটে চাক ফিট করিয়া ডায়াল গেজ দ্বারা চাকের বাহিরের পৃষ্ঠ 0·0005 ইঞ্চির মধ্যে নিটালভাবে ঘুরিতেছে কিনা পরীক্ষা করিলেই বুঝা যাইবে ব্যাক প্লেট এবং চাকের ফিটিং সঠিক হইয়াছে কি না।

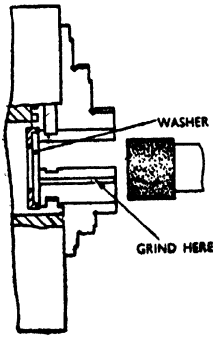
চাক মেরামত—চাক খারাপ হইয়া যাইবার একটি প্রধান কারণ হইতেছে উহার স্ক্রলের ক্ষয়। স্ক্রলের ভিতর বাহিরের নোংরা, চিপ্‌স এবং

অন্যান্য ক্ষয়কারী বস্তুর কণা অতি সহজে ঢোকে এবং ফলে স্ক্রলটি অতি শীঘ্র ক্ষইয়া নষ্ট হইয়া যায়। চাকের পিছন দিক হইতে ব্যাক প্লেট ও ব্যাক কভার প্লেট খুলিয়া চাকের ভিতর অংশ পুরু গ্রীজ দ্বারা ভরতি করিয়া বাহিরের ক্ষতিকর বস্তু ভিতরে ঢোকা রোধ করা যায়। ব্যাক প্লেট ও ব্যাক কভার প্লেট না খুলিয়া চাকের গায়ে একটি ড্রিল করিয়া সেইখানে হাই প্রেসার গ্রীজ গানের নিপ ল (Nipple) বসাইয়া হাই প্রেসার গ্রীজ গানের সাহায্যে চাকের ভিতর গ্রীজ ঢোকান যায়। নিপ্ ল্‌টি বসাইবার সময় খেয়াল রাখা দরকার নিপ্ ল্‌টি যেন চাকের গায়ের ভিতরে সম্পূর্ণ ঢুকিয়া থাকে। তাহা না হইলে উহাতে মেসিন চালকের পোষাকের কোন অংশ আটকাইয়া বা মেসিন চালকের হাতে লাগিয়া দুর্ঘটনা ঘটিতে পারে। গ্রীজ নিপ্ লের গর্তটি স্ক্রু প্লাগ দ্বারা বোজাইয়া দিয়া চাকের গা সমান করা যায়। কিছুকাল ব্যবহারের পর গ্রীজ ধুইয়া কমিয়া যাইলে গ্রীজ গানের সাহায্যে পুনরায় গ্রীজ ঢোকাইয়া দিতে হইবে।

স্ক্রল-এ ফিট হইবার জন্য জ-এর নীচের দিকে যে দাঁত কাটা থাকে, তাহার ক্ষয়ের জন্যও সময় সময় চাকে নির্ভুল কাজ পাওয়া যায় না। কিন্তু এই ক্ষয় আশ্চর্যরকম কম হয় ও অত্যন্ত পুরান চাকেই কেবলমাত্র এই ক্ষয় দেখা যায়। 'জ' স্ক্রলে আলগা হইয়া যাইলে, জ-এর দাঁতের একপার্শ্বে হাতুড়ী দ্বারা পিটাইয়া উহার মাথাটি ৯৯নং চিত্রের ন্যায় দাঁতের স্লটের দিকে একটু বাড়াইয়া দেওয়া হয়। পরে গ্রাইণ্ডিং করিয়া দাঁতগুলিকে স্ক্রলের মাপে আনা হয়।

৯৯ নং চিত্র

চাকের 'জ' গ্রাইণ্ডিং—যে জ-সকল বার (Bar) অর্থাৎ রড ধরিতে ব্যবহৃত হইবে, সেই জ-সকল পুনরায় গ্রাইণ্ড করিবার সময় অনেকে জ-সকল দ্বারা একটি রিং-এর অভ্যন্তর জ-এর বাহির দিক দ্বারা ধরিয়া গ্রাইণ্ড করেন। 'জ' পুনরায় গ্রাইণ্ড করিবার ইহা একটি বহু প্রচলিত সম্পূর্ণ ভুল পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে জ-এর দাঁতগুলি বার (Bar) টাইট দিবার সময় স্ক্রলের যে পার্শ্ব স্পর্শ করিবার কথা গ্রাইণ্ডিং করিবার সময় তাহার বিপরীত পার্শ্ব স্পর্শ করে। এইভাবে 'জ' গ্রাইণ্ডিং করিবার পর যখন চাকে রড ধরা হয়, তখন দেখা যায় রড নিটালভাবে ঘুরিতেছে না। সেইজন্য যে জ-সকল রড ধরিবার কার্যে ব্যবহৃত হইবে সেই জ-সকল গ্রাইণ্ডিং করিবার সময় ১০০ নং চিত্রের ন্যায়

জ-এর পিছন দিকে স্ক্রলের সহিত ফিট করিবার জন্য যে দাঁত কাটা থাকে তাহার প্রথমটির দ্বারা একটি ওয়াশারকে বাহিরের দিকে চাপিয়া ধরিতে হইবে। ওয়াশারে গর্ত থাকার জন্য গ্রাইণ্ডিং হুইল জ-এর ভিতরদিক গ্রাইণ্ডিং করিবার সময় পাচার হইতে পারিবে।

চাকটি নিজস্ব ব্যাক প্লেটে আটকান অবস্থায় লেদ স্পিণ্ডলে চাপাইয়া গ্রাইণ্ডিং অ্যাটাচ্‌মেণ্ট সাহায্যে গ্রাইণ্ডিং করা যায়। আবার চাকটি ব্যাক প্লেট হইতে খুলিয়া ইউনিভার্সাল গ্রাইণ্ডিং মেসিনের ফেস প্লেটে বাঁধিয়া গ্রাইণ্ডিং করা যায়। কিন্তু শেষোক্ত ক্ষেত্রে চাকের গা সম্পূর্ণ নিটালভাবে ঘুরিতেছে কিনা ডায়াল ইন্‌ডিকেটর সাহায্যে ভালভাবে পরীক্ষা করিতে হইবে। গ্রাইণ্ডিং হইয়া যাইলে ফেস প্লেট হইতে খুলিবার পূর্বে চাকে সমন্তরাল টেষ্ট বার সকল বাঁধিয়া পরীক্ষা করিতে হইবে (১০৬ নং চিত্র)। এক একবার এক একটি পিনিয়ন সাহায্যে টাইট দিয়া পরীক্ষার ফলের একটি তালিকা তৈয়ারী করিতে হইবে। পরীক্ষার ফল লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে, একটি বিশেষ পিনিয়ন দ্বারা টাইট দিলে ফল সর্বাপেক্ষা ভাল পাওয়া যায়। ঐ বিশেষ পিনিয়ন একটি চিহ্নর দ্বারা নির্দিষ্ট করিতে হইবে এবং পরে কেবলমাত্র ঐ পিনিয়নটি চাক টাইট দিবার জন্য ব্যবহার করিতে হইবে। চিহ্নিত পিনিয়ন দ্বারা ষ্টেট বার টাইট দিলে উহা যদি ·002 ইঞ্চি টালের মধ্যে ঘোরে, তাহা হইলে ধরিতে হইবে গ্রাইণ্ডিং ঠিক হইয়াছে। কারণ, সাধারণ চাক নির্মাণের সময় ·002 ইঞ্চি টলারেন্স দেওয়া হয়।

১০০নং চিত্র

সেল্‌ফ সেণ্টারিং চাকে বস্তু টাইট দিবার সময় সর্বদা একটি বিশেষ পিনিয়ন ব্যবহারের কারণ—৯৮ নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলে বোঝা যাইবে স্ক্রলটি যাহাতে বস-এ (Boss) কোনরূপে বাধা না পাইয়া সহজে ঘুরিতে পারে তজ্জন্য স্ক্রল ও বসের মধ্যে রানিং ক্লিয়ারেন্স থাকা প্রয়োজন। যে পিনিয়ন দ্বারা স্ক্রলটি ঘোরান হয় তাহার বিপরীত দিকে, রানিং ক্লিয়ারেন্সের

জন্য যে ফাঁকটুকু থাকে, তাহার সমান পরিমাণ স্ক্রলটি সরিয়া যায়। সুতরাং আলাদা আলাদা পিনিয়ন ব্যবহারে স্ক্রলের অবস্থানও বদলাইয়া যায়। স্ক্রলের যে অবস্থানে অর্থাৎ স্ক্রলটি যে পিনিয়ম দ্বারা ঘোরাইয়া চাকের জ-গুলিকে ঠিক সেণ্টার করা হইয়াছে সেই পিনিয়নটিতে গোল বা ঐরূপ কোন চিহ্ন থাকে। সেল্‌ফ সেণ্টারিং চাকে 'জ' টাইট দিবার সময় ঐ চিহ্নিত পিনিয়নটি সকল সময় ব্যবহার করিতে হয়।

সেল্‌ফ সেণ্টারিং চাকে যদি বস্তু ঠিক সেণ্টারে বাঁধা না যায়, তাহা হইলে কি করিতে হইবে—চাক পুরান হইয়া যাইলে পূর্ব বর্ণিত স্ক্রলের অ্যাডজাষ্টমেণ্ট নষ্ট হইয়া যায়। তখন চিহ্নিত পিনিয়ন দ্বারা টাইট দিলে জ-গুলি ঠিক সেণ্টার নাও হইতে পারে। সুতরাং তিনটি পিনিয়ন দ্বারাই আলাদা আলাদাভাবে টাইট দিয়া পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে, কোন পিনিয়নে ফল ভাল পাওয়া যাইতেছে। তাহার পর সেই পিনিয়নে একটি চিহ্ন করিয়া লইয়া ঐ পিনিয়নটি সর্বদা ব্যবহার করিতে হইবে। এইভাবে পরীক্ষা করিয়া যদি দেখা যায়, কোন পিনিয়ন দ্বারাই 'জ' গুলিকে ঠিক কেন্দ্রে আনা যাইতেছে না, তাহা হইলে পিনিয়ন তিনটির মধ্যে যেটি সর্বাপেক্ষা ভাল কাজ দিবে, সেইটি দ্বারা একটি বস্তু চাকে বাঁধিয়া বস্তুটিকে আস্তে আস্তে ঘোরাইয়া ডায়াল গেজ সাহায্যে বস্তুটি কোন অবস্থানে সর্বাপেক্ষা উঁচা হইতেছে বাহির করিতে হইবে এবং উঁচাদিকের 'জ'-এ একটি সীসার হাতুড়ী দ্বারা জোরে ঘা মারিতে হইবে। ইহার ফলে স্ক্রলটি বিপরীত দিকে একটু সরিয়া যায় এবং বস্তুটির নিটালভাবে ঘুরিবার সম্ভাবনা থাকে। এইভাবে 'জ' সেণ্টার করিয়া খুব হাল্কা কোপ দিয়া বস্তু কাটিতে হয়, তাহা না হইলে স্ক্রল পুনরায় সরিয়া গিয়া বস্তুটির টালে ঘুরিবার সম্ভাবনা থাকে।

পুরান চাকে নিটালভাবে বস্তু বাঁধিবার আর একটি পন্থা হইতেছে, যে পিনিয়ন দ্বারা সর্বাপেক্ষা কম টালে বস্তু বাঁধা যায় সেই পিনিয়ন সাহায্যে বস্তুটিকে টাইট দিয়া ডায়াল ইন্‌ডিকেটর সাহায্যে দেখিতে হইবে বস্তুটির সর্বাপেক্ষা বেশী টাল কত। সর্বাপেক্ষা বেশী টাল যত হইবে তাহার অর্ধেক পরিমাণ কাগজের প্যাকিং যেদিকের টাল সর্বাপেক্ষা বেশী সেইদিকের 'জ' ও বস্তুর মধ্য দিয়া টাইট দিতে হইবে। তাহা হইলে বস্তুটি নিটাল হইবে।

সেল্‌ফ সেণ্টারিং চাকের জ-গুলি খুলিয়া পুনরায় কিরূপে সেট করিতে হয়?

সেল্‌ফ সেণ্টারিং চাকের জ-গুলি একবার খুলিয়া পুনরায় উহাকে ঠিকমত না লাগাইলে উহা আর বস্তুকে নিটালভাবে ধরিবে না। এইজন্য সেল্‌ফ সেণ্টারিং চাকের জ-গুলি কিরূপ পরাইতে হয়, তাহা জানা বিশেষ প্রয়োজন।

লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে জ-গুলি 1, 2, 3 সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা আছে এবং যে স্লটে জ-গুলি ফিট হইবে সেগুলিও 1, 2, 3 সংখ্যার দ্বারা চিহ্নিত করা আছে। চাক হ্যাণ্ডল দ্বারা স্ক্রলটি ঘোরাইয়া স্ক্রলের আরম্ভটি ঠিক 1 নম্বর চিহ্নিত স্লটের সামান্য আগে লইয়া আসিতে হইবে। তাহার পর 1 নম্বর চিহ্নিত জ-টি 1 নম্বর স্লটে ঢোকাইয়া চাক হ্যাণ্ডল দ্বারা স্ক্রলটি একটু ঘোরাইতে হইবে। কিন্তু লক্ষ্য রাখিতে হইবে স্ক্রলের আরম্ভটি যেন 2 নম্বর স্লট ছাড়াইয়া না যায়। 1 নম্বর জ-টি এইবার টানিয়া দেখিতে হইবে উহা বাহির হইয়া আসিতেছে কি না। উহা যদি বাহির হইয়া না আসে তাহা হইতে বুঝিতে হইবে উহা ঠিকমত স্ক্রলে আটকাইয়াছে। এইবার 2 নম্বর জ-টি 2 নম্বর স্লটে ঢোকাইয়া পূর্বের ন্যায় চাক হ্যাণ্ডল দ্বারা স্ক্রলটি ঘোরাইতে হইবে এবং এইবারেও লক্ষ্য রাখিতে হইবে স্ক্রলের আরম্ভটি যেন 3 নম্বর স্লট ছাড়াইয়া না যায়। 2 নম্বর জ-টি টানিলে যদি বাহির হইয়া না আসে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে উহা ঠিকমত ফিট হইয়াছে। এইভাবে 3 নম্বর জ-টি 3 নম্বর স্লটে ফিট করিতে হইবে।

'জ' তিনটি ফিট হইয়া যাইলে চাক হ্যাণ্ডল ঘোরাইয়া জ-গুলিকে একদম কেন্দ্রে লইয়া যাইতে হইবে। যদি দেখা যায় তিনটি 'জ' মুখোমুখি মিলিয়া গিয়াছে, তাহা হইলে বুঝিতে হইবে জ-গুলি ঠিক ফিট হইয়াছে, আর যদি তাহা না হয় তাহা হইলে জ-গুলিকে খুলিয়া ফেলিয়া পুনরায় পূর্ব বর্ণিত উপায়ে ফিট করিতে হইবে।

চার জ-বিশিষ্ট চাকের ব্যবহার—চার জ-বিশিষ্ট ইণ্ডিপেন্‌ডেণ্ট চাকে ১০২ নং চিত্রের ন্যায় জ-গুলি সোজা রাখিয়া বা ১০৩ নং চিত্রের ন্যায় জ-গুলিকে উল্টাইয়া জবটিকে ধরা যায়। যদি কোন বস্তুকে বিকেন্দ্রিকভাবে টার্ণিং করিতে হয় তাহা হইলে বস্তুটিকে ১০৪ নং চিত্রের ন্যায় বিকেন্দ্রিকভাবে ধরিয়া টার্ণিং করিতে হইবে। নানা প্রকার আঁকাবাঁকা জব চার-জ চাকে কিরূপে ধরা হয় তাহা ১০৫ নং চিত্রে দেখান হইয়াছে।

চাকের গায়ে সার্কেলের দাগ—কোন জবকে চার জ-বিশিষ্ট ইণ্ডি-পেন্‌ডেণ্ট চাকে বাঁধিবার সময় চাকের জ-গুলিকে কেন্দ্র হইতে সমদূরে এবং

একটি নির্দিষ্ট ব্যাসে স্থাপন করা মুশ্‌কিল হয়। জবকে চাকে তুলিয়া দেখা যায় জ-গুলিকে অনেকটা করিয়া হয় ভিতরদিকে না হয় বাহির দিকে সরাইতে হইবে। জব যদি ভারী হয় তাহা হইলে জব চাকে তুলিয়া জ-গুলি ঘোরান খুবই কষ্টসাধ্য। তাহার পর জব বাঁধা হইলে দেখা যাইবে ইহা ভয়ানক টালে ঘুরিতেছে। তখন এই টাল ভাঙ্গা আর এক কষ্টসাধ্য ব্যাপার।

উপরিউক্ত অসুবিধা দূর করিবার জন্য চাকের উপর ½ ইঞ্চি অন্তর বৃত্তাকার দাগ কাটা থাকে এবং অনেক সময় বৃত্তগুলি কোনটি কত ব্যাসের তাহা পাশে চিহ্নিত করা থাকে। এই বৃত্তগুলি দেখিয়া জ-গুলিকে সেট করিলে জব সহজে চাকে বাঁধা যায় ও মোটামুটি সেন্টার হয়। পরে অল্প একটু টাল ভাঙ্গিয়া লইলে কাজের উপযুক্ত হয়।

কিন্তু জ-গুলিকে বৃত্তের দাগ দেখিয়া সেট করার এক বিশেষ অসুবিধা হইতেছে যে জ-এর ধাপগুলি সার্কলের দাগ হইতে অনেক উঁচুতে। এই ধাপগুলি হইতে একটি লাইন যদি চাকের গা পর্যন্ত টানা যায়, তাহা হইলে 'জ' সেট করিতে খুব অসুবিধা হয়। লাইনগুলি যাহাতে স্থায়ী হয় তার জন্য কার্ব্বাইড টীপ্‌ড টুল-এর মুখ দ্বারা এই দাগ টানা যায়। কেস্‌ হার্ডনিং করা জ-এ এই দাগ বহুদিন থাকে। অন্যথায় কপার সাল্‌ফেট সলিউসন (তুতের জল) জ-য়ের গায়ে লাগাইয়া তাহার উপর দাগ টানিলেও পরিষ্কারভাবে অনেকদিন দেখা যায়।

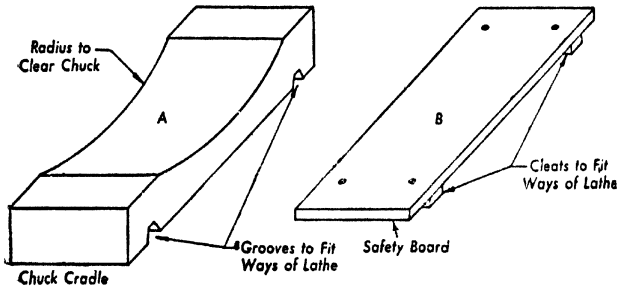
চাক খোলা—লেদ স্পিণ্ডল হইতে ছোট চাক খুলিবার একটি প্রচলিত পদ্ধতি হইতেছে, পিনিয়নকে ঘোরাইবার জন্য পিনিয়নের উপর যে চাবির ঘাট কাটা থাকে তাহাতে চাকের চাবিটি আটকাইয়া সজোরে একটি টান মারা। ইহার ফলে ব্যাক প্লেটের থ্রেড, স্পিণ্ডল-নোজের থ্রেডে আলগা হইয়া যায়। কিন্তু এইভাবে চাক খোলা অনুচিত। ইহার ফলে চাকের চাবি, চাবির ঘাট এবং পিনিয়নের ক্ষতি হয় এবং পিনিয়ন ও স্ক্রলের ফিটিং নষ্ট হইয়া যায়।

একটি অ্যাড্‌জ্যাষ্টেব্‌ল স্প্যানার দ্বারা ছোট চাকের একটি জ-কে প্রস্থের দিকে ধরিয়া, হেডষ্টক স্পিণ্ডলকে ব্যাক গিয়ারের সহিত যুক্ত করিয়া আটকাইয়া স্প্যানারের শেষ প্রান্ত ধরিয়া সজোরে টান মারিলে চাকটি খুলিয়া যাইবে। ইহাতে চাকের বিশেষ ক্ষতি হয় না। কারণ, ধাতু কাটিবার সময় জ-এর উপর সময় সময় ইহা অপেক্ষা অধিক ধাক্কা ও মোচড়

লাগে এবং জ-গুলি যাহাতে এ সকল সহ্য করিতে পারে সেইভাবেই নির্মিত।

বড় চাকের ক্ষেত্রে একটি লম্বা ফ্ল্যাট বার চাকে বিপরীত দু'টি 'জ' দ্বারা ধরা হয়। হেডষ্টক স্পিণ্ডলকে ব্যাক গিয়ারের সহিত যুক্ত করিয়া বারের অপর প্রান্ত ধরিয়া সজোরে টান মারিলে চাকটি খুলিয়া যায়।

বড় ফেস প্লেটও ঠিক এইভাবে খোলা হয়। কিন্তু ফেস প্লেটে কোন 'জ' নাই বলিয়া ফ্ল্যাট বারের মুখে দুটি রড এরূপভাবে ওয়েল্ড করিয়া লইতে হয়, যাহাতে এগুলি ফেস প্লেটের স্লটে আটকায়। পূর্বের ন্যায় বারের অপর প্রান্তে সজোরে ধাক্কা মারিয়া ফেস প্লেট খোলা হয়।

বেল্ট চালিত লেদে চাক খুলিবার একটি পুরাতন পদ্ধতি হইতেছে বেডের পিছনের স্লাইডে একটি কাষ্ঠখণ্ড রাখিয়া চাকের একটি জ-কে ঐ কাষ্ঠখণ্ডে আঘাত করা। এই পদ্ধতিতে হেডষ্টক স্পিণ্ডলকে ব্যাক গিয়ার যুক্ত করা হয় ও একটি কাষ্ঠখণ্ড বেডের পিছনের স্লাইডে রাখা হয়। এই সময় লক্ষ্য রাখিতে হইবে কাষ্ঠখণ্ডটির উচ্চতা যেন মোটামুটি সেণ্টারের উচ্চতার সমান হয়। সেণ্টার হইতে খুব বেশী উঁচু বা নীচু কাষ্ঠখণ্ড লওয়া উচিত নহে। বেল্ট ধরিয়া হাতে চাকটিকে উল্টাদিকে ঘোরাইলে একটি 'জ' কাষ্ঠখণ্ডের সহিত ধাক্কা খায় এবং চাকটি খুলিয়া যায়। এই পদ্ধতি কেবলমাত্র বেল্ট

১০১ নং চিত্র

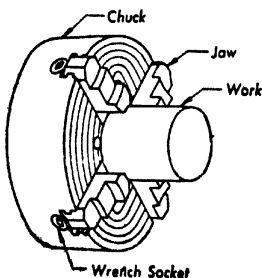
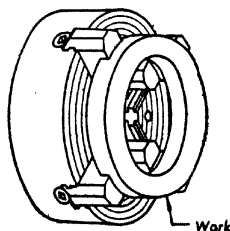
চালিত লেদেই সম্ভব। কারণ, অল গিয়ার হেডষ্টকে চাক হাতে উল্টাদিকে জোরে ঘোরাইবার কোন ব্যবস্থা নাই। বিপরীত দিকে ঘোরাইবার ব্যবস্থা করিয়া পাওয়ারে চাককে বিপরীত দিকে ঘোরান নিরাপদ নহে। চাক মেসিন স্পিণ্ডলে এরূপভাবে অবস্থিত যে ইহা খুলিবার বা পরাইবার সময় ইহাকে

সুবিধামত ধরা যায় না। ফলে, ইহা যদি হাত ফস্‌কাইয়া যায়, তাহা হইলে মেসিন চালক আহত হইতে পারেন ও মেসিনের বেডের ক্ষতি হইতে পারে। সেইজন্য চাক পরাইবার বা খুলিবার সময় চাকের নীচে ১০১ নং চিত্রের ন্যায় একটি কাঠের ব্লক দেওয়া উচিত। কাঠের ব্লকটির তলার দিক মেসিন বেডের পথের আকৃতিতে কাটা হয় এবং উপরের দিক চাকের মাপে করা হয়। উহা বেডের উপর বসাইয়া চাকের তলায় লইয়া আসিলে উহা যেন চাককে মাত্র (Just) স্পর্শ করে। ইহার ফলে চাকটি খুলিতে ও পরাইতে সুবিধা হয়।

চার জ-বিশিষ্ট চাকে মাল বাঁধিবার নিয়ম—

১। চাকের গায়ে বৃত্তাকার দাগ দেখিয়া জ-গুলিকে ইপ্সিত ব্যাসে সেট করিতে হইবে।

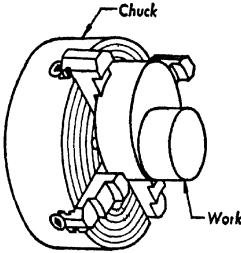
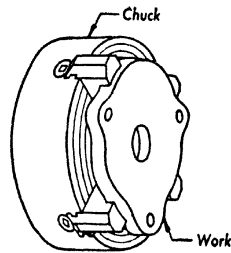
২। জব ও জ-এর মাঝে প্যাকিং পিস দিয়া জবটি টাইট করিতে হইবে। ইহার ফলে জবে জ-এর দাগ বসে না এবং জবটি টালে ঘুরিলে টাল ভাঙ্গিবার সুবিধা হয়।

৩। জবটি যদি টালে ঘোরে তাহা হইলে চাকের যতদূর সম্ভব কাছে ঘুরন্ত জবটির সামনে একটি খড়ি ধরিতে হইবে। ইহার ফলে জবের যেদিকে খড়ির দাগ পড়িবে বুঝিতে হইবে সেইদিক উঁচু আছে। দাগের বিপরীত দিকে জ-কে আল্‌গা করিয়া দাগের দিকের জ-কে টাইট দিতে হইবে। যতক্ষণ না পর্যন্ত জবটি সেণ্টার হয় ততক্ষণ পর্যন্ত জবটি এইভাবে বারবার খড়ি দ্বারা দাগ দিয়া জ-গুলিকে অ্যাড্‌জাষ্ট করিতে হইবে। এই কার্যটি মার্কিং ব্লক সাহায্যেও করা হাইতে পারে।

১০২ নং চিত্র—প্লেন টার্নিং

১০৩ নং চিত্র—বোর টার্নিং

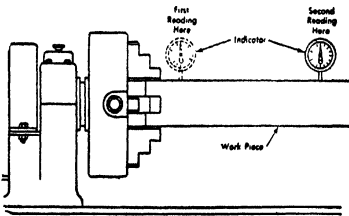
৪। যদি পূর্বে টার্নিং করা অংশকে চাকে ধরিয়া জবের অপর অংশ

নিখুঁতভাবে টার্ণিং করিতে হয় তাহা হইলে খড়ি বা মার্কিং ব্লকের পরিবর্তে ডায়াল ইন্‌ডিকেটর সাহায্যে টাল ভাঙ্গিতে হইবে।

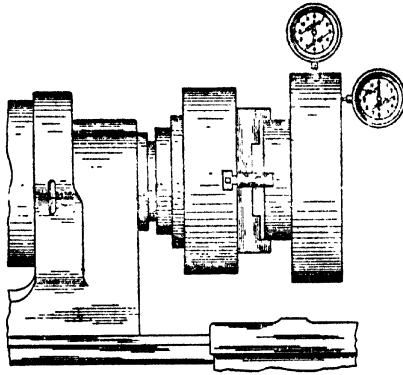
৫। পূর্বে বোর করা থাকিলে বোরটির সহিত বাহিরের পৃষ্ঠ কতটা নিটাল হওয়া প্রয়োজন তাহার মাত্রা অনুযায়ী মার্কিং ব্লক বা ডায়াল ইন্‌ডিকেটর সাহায্যে বোরটির টাল ভাঙ্গিতে হইবে।

১০৪ নং চিত্র—বিকেন্দ্রিক টার্ণিং

১০৫ নং চিত্র—অনিয়মিত বাহ্য আকৃতি বিশিষ্ট বস্তু ধরিবার রীতি

৬। জবটির চাকের দিক নিটাল হইয়া যাইলে একটি কাঠের ম্যালেট বা মুগুর অথবা একখণ্ড ব্রাস সাহায্যে ঠুকিয়া জবের অপর প্রান্ত পূর্ব বর্ণিত খড়ি, মার্কিং ব্লক বা ডায়াল ইন্‌ডিকেটর (কাজ অনুযায়ী) সাহায্যে টাল ভাঙ্গিতে হইবে। জ' এবং জবের মধ্যে প্যাকিং পিস না থাকিলে এই টাল সহজে ভাঙ্গা যায় না এবং 'জ' ক্ষতিগ্রস্থ হয়।

৭। জবটি যদি প্রস্থে এরূপ ছোট হয় যে, উহা চাকের জ-এর ধাপে গিয়া না আটকায় তাহা হইলে জব ও চাকের জ-এর ধাপের মাঝে প্রয়োজনীয় ব্যাসের টার্ণিং করা রড (নিকেল ষ্টীলের হইলে ভাল হয়) দিতে হইবে। রডগুলি যাহাতে পড়িয়া না যায়, তার জন্য একটি স্প্রীং সাহায্যে উহাকে জ-এ আটকাইয়া রাখা চলে।

১০৬ নং চিত্র

৮। জবটি কাটিবার পূর্বে সব কয়টি জ-কে সমানভাবে টাইট দিতে হইবে।

৯। যদি একই মাপের একাধিক মাল চাকে কাটিতে হয়, তাহা হইলে দুইটি পাশাপাশি জ-এ খড়ি দ্বারা দাগ দিতে হইবে। জবটি টার্ণিং হইয়া যাইবার পরে প্রতিবার কেবলমাত্র এই দুইটি 'জ' খুলিয়া জবটি নামাইয়া লইয়া পরবর্তী জবটি চাকে বাঁধিলে বার বার নিটাল করিবার জন্য অযথা সময় নষ্ট করিতে হইবে না।

১০৭ নং চিত্র

১০। প্রডাক্সন কাজের সময় যে ব্যাসের বস্তু ধরিতে হইবে, সেই ব্যাসে জ-গুলি খুলিয়া হাল্কা কোপ দিয়া জ-গুলি টার্ণিং করিয়া লইলে চাকে বস্তুটি খুব দৃঢ়ভাবে ধরা যায়। এইরূপ করিবার আগে হার্ডনিং করা জ-গুলি অ্যানিল করিয়া নরম করিয়া লইতে হইবে। নরম 'জ' কিনিতে পাওয়া যায়। চাকের সঙ্গে কয়েক সেট নরম 'জ' কিনিয়া লওয়া বুদ্ধিমানের কাজ।

১১। **সাবধানতা**—চাকে জবটি বাঁধা হইলে মেসিনটি পাওয়ারে চালাইবার পূর্বে হাতে দু'এক পাক ঘোরাইয়া লইতে হইবে। কারণ মেসিন চালকের অসাবধানতার জন্য অনেক সময় চাক-জ, জবের কোন অংশ বা ঐরূপ কিছু মেসিনে ধাক্কা লাগিয়া দুর্ঘটনা ঘটাইতে পারে।

চাকের যত্ন—১। অন্যান্য সকল সূক্ষ্ম যন্ত্রের ন্যায় চাককেও মাঝেমাঝে পরিষ্কার করিয়া ভালভাবে তেল (Lubricating oil) দিতে হয়। একটি ব্রাস কেরসিন তেলে ভিজাইয়া জ-এর পিছন দিক পরিষ্কার করিতে হয়। প্যারাফিনে ব্রাস ভিজাইয়া স্ক্রল পরিষ্কার করিতে হয়।

২। সেল্‌ফ সেণ্টারিং চাক টাইট দিবার জন্য চাক কি-এর হাণ্ডলে পাইপ লাগাইয়া টাইট দিতে নাই। চাকের সহিত যে হাণ্ডল দেওয়া হয় তদ্বারা যদি কোন বস্তুকে যথেষ্ট টাইট দেওয়া না যায়, তাহা হইলে বুঝিতে হইবে ঐ বস্তুর পক্ষে চাকটি ছোট। তখন বড় চাকে বস্তুটি বাঁধিয়া টার্ণিং করিতে হইবে।

দশম অধ্যায়

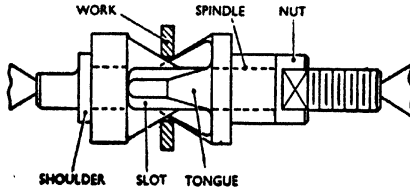
ম্যাণ্ড্রেল (Mandrels)

ম্যাণ্ড্রেল এবং আরবারের মধ্যে তফাত কি ?

ম্যাণ্ড্রেল—অভ্যন্তরস্থ গর্তের (Hole) সঙ্গে বাহিরের পৃষ্ঠ যাহাতে নিটালভাবে (True) টার্ণিং করা যায়, তজ্জন্য ড্রিল, বোর বা রিমার করা বস্তুকে ধরিবার জন্য যে শাফ্‌ট অথবা বার ব্যবহার করা হয় তাহাকে ম্যাণ্ড্রেল বলে।

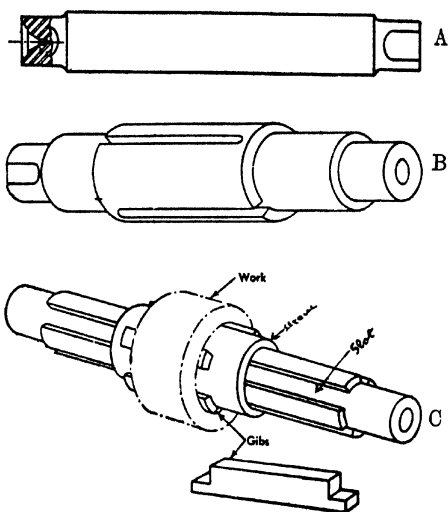
আরবার—কাটিং টুলস—যেমন, মিলিং কাটার—ধরিবার ও ঘোরাইবার উদ্দেশ্যে যে স্পিণ্ডল (Spindle) বা বার (Bar) ব্যবহার করা হয়, তাহাকে আরবার বলে।

ম্যাণ্ড্রেল কয় প্রকার ? ম্যাণ্ড্রেল প্রধানতঃ দুই প্রকারের—

(1) **সলিড টাইপ** (Solid Type)—ইহা টুল ষ্টীলের নির্মিত হয়

১০৮ নং চিত্র

এবং ইহাতে সাধারণতঃ প্রতি ফুটে ·006 ইঞ্চি টেপার থাকে। ইপ্সিত (Required) ব্যাস সাধারণতঃ ম্যাণ্ড্রেলের মাঝামাঝি জায়গাতে থাকে। ছোট ব্যাস ঈপ্সিত ব্যাস অপেক্ষা যতটা ছোট হয় বড় ব্যাস ঈপ্সিত ব্যাস অপেক্ষা ঠিক ততটা বড় হয়। সূক্ষ্ম কাজের উদ্দেশ্যে যে সকল ম্যাণ্ড্রেল নির্মিত হয়, তাহাতে প্রতি ফুটে 0·002 ইঞ্চি টেপার থাকে এবং পূর্বের ন্যায় ম্যাণ্ড্রেলের মাঝামাঝি জায়গা ঈপ্সিত ব্যাসের হয়। ইহার ফলে ম্যাণ্ড্রেলটি হোলের বেশী জায়গা স্পর্শ করে এবং ফিটিং ভাল হয়

সলিড ম্যাণ্ড্রেল টেপার হওয়ার ফলে উহা বস্তুর গর্তে ঢুকাইতে সুবিধা হয় এবং বস্তুটিকে কাটিবার সময় এরূপভাবে কাটা হয় যাহাতে বস্তুর

উপর যে চাপ পড়ে তাহা বস্তুটিকে ম্যাণ্ড্রেলের যে দিকের ব্যাস বড় সেই দিকে আরো চাপিয়া ধরে। ফলে বস্তুটি আরো শক্তভাবে ধরা হয় ও

১০৯ নং চিত্র—A সলিড ম্যাণ্ড্রেল B এবং C এক্সপ্যাণ্ডিং ম্যাণ্ড্রেল

ঘুরিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে না। বস্তুটিকে ম্যাণ্ড্রেলে চড়াইবার পূর্বে ম্যাণ্ড্রেলে পাতলাভাবে তেল মাখাইয়া লওয়া ভাল। ইহার ফলে বস্তুটি ম্যাণ্ড্রেলে জড়াইয়া যাইতে পারে না।

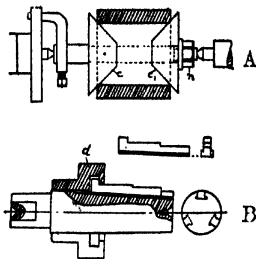
এক্সপ্যাণ্ডিং ম্যাণ্ড্রেল (Expanding Mandrels)

সলিড ম্যাণ্ড্রেলের একটি বিশেষ অসুবিধা হইতেছে যে, প্রতি সাইজের হোলের জন্য আলাদা আলাদা ম্যাণ্ড্রেলের প্রয়োজন। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য এক্সপ্যাণ্ডিং ম্যাণ্ড্রেল তৈয়ারি করা হয়। এক্সপ্যাণ্ডিং ম্যাণ্ড্রেলকে উপরের এবং নীচের দুইটি সীমার মধ্যে বাড়ান কমান যায় বলিয়া অনেক কম ম্যাণ্ড্রেল মজুত রাখিলে চলে।

১০৯ B নং চিত্রে যে এক্সপ্যাণ্ডিং ম্যাণ্ড্রেল দেখান হইয়াছে উহাতে টেপার ম্যাণ্ড্রেলের উপর একটি চেড়া বুস (Bush) থাকে। টেপার ম্যাণ্ড্রেলটি যত ভিতরে ঢোকান হইবে (একটি সীমা পর্যন্ত) তত বুসটিকে বাড়ান চলিবে।

১০৯ C নং চিত্রে আর এক প্রকারের এক্সপ্যাণ্ডিং ম্যাণ্ড্রেল দেখান হইয়াছে। এই প্রকার ম্যাণ্ড্রেলে সমান মাপ বিশিষ্ট একটি সিলিণ্ড্রিক্যাল (Cylindrical) অর্থাৎ বেলনাকৃতি বস্তুর উপর লম্বালম্বি দিকে চারিটি টেপার স্লট (Slot) কাটা থাকে অর্থাৎ স্লটগুলির গভীরতা এক পার্শ্ব হইতে অপর পার্শ্বে ক্রমশঃ বাড়িয়া যায়। বেলনাকৃতি বস্তুটির উপর একটি স্লীভ থাকে এবং উহাতেও চারিটি স্লট কাটা থাকে। স্লীভটি বেলনাকৃতি বস্তুটির উপর এরূপভাবে রাখা হয়, যাহাতে উভয়ের স্লট একই লাইনে থাকে। এই স্লটগুলিতে জিব (Gib) আটকাইয়া তাহার উপর যে বস্তু টার্ণিং করিতে হইবে তাহা চড়ান হয়। বস্তু শুদ্ধ স্লীভটি, টেপার স্লটের যে দিকে গভীরতা কম সেই দিকে ঠেলিলে জিবগুলি উঁচা হয় এবং বস্তুটিকে জোরে চাপিয়া ধরে। এইভাবে এই প্রকার ম্যাণ্ড্রেলে বিভিন্ন মাপের গর্তবিশিষ্ট বস্তু ধরা যায়।

কম প্রচলিত কিন্তু দরকারী কয়েক প্রকার এক্সপ্যাণ্ডিং ম্যাণ্ড্রেল—

(ক) **কোণ টাইপ ম্যাণ্ড্রেল**—এই প্রকার ম্যাণ্ড্রেলে ১১০A নং চিত্রের ন্যায় একটি নিরেট (Solid) স্পিণ্ডলের উপর দু'টি কোণ (Cone) অর্থাৎ শঙ্কু C এবং C_1 থাকে। C_1 স্পিণ্ডলের একটি অংশ হইতে পারে বা স্পিণ্ডলে একটি ধাপ করিয়া উহার গায়ে ঠেসিয়া রাখা চলে। শঙ্কু (Cone) C_1-কে একটি নাট দ্বারা ম্যাণ্ড্রেলের উপর সরান যায়। শঙ্কু দুইটিকে স্পিণ্ডলের উপর যাতায়াত করানর জন্য স্পিণ্ডলের মাপ হইতে শঙ্কুর গর্তের মাপ কমপক্ষে যতটুকু বড় রাখা প্রয়োজন তাহা অপেক্ষা যাহাতে বেশী না থাকে সে বিষয়ে বিশেষ লক্ষ্য রাখিতে হইবে। কারণ, তাহা না হইলে শঙ্কুগুলি হেলিয়া যাইবে ও বস্তুটি নিখুঁতভাবে কাটিবে না। শঙ্কুগুলি যাহাতে ঘুরিয়া না যায়, অথচ লম্বালম্বি দিকে যাতায়াত করিতে পারে তজ্জন্য শঙ্কুগুলি চাবি দ্বারা স্পিণ্ডলের সহিত আটকান থাকে।

১১০ নং চিত্র

এই প্রকার ম্যাণ্ড্রেলের সুবিধা এই যে ইহাতে বড় গর্তবিশিষ্ট বস্তু

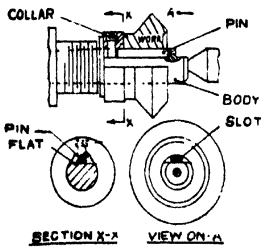
সহজে ধরা চলে যে সকল গর্তবিশিষ্ট বস্তুর বেধ (Thickness) কম সেগুলিকে এইপ্রকার ম্যাণ্ড্রেলে ধরিয়া সহজে টার্ণিং করা যায়।

এই প্রকার ম্যাণ্ড্রেল ব্যবহারের সময় বিশেষভাবে স্মরণ রাখা দরকার গর্তের দুই প্রান্তে যেন চ্যাম্ফার দেওয়া হয়। কারণ, তাহা না হইলে গর্তের সহিত জবের বহিঃপৃষ্ঠ নিটাল হইবে না।

(খ) উপরিউক্ত প্রকারের ম্যাণ্ড্রেলে দুইটি শঙ্কু যখন পরস্পরের গায়ে ঠেকিয়া যায়, তখন তাহা অপেক্ষা কম লম্বা কোন বস্তু উহাতে টার্ণিং করা চলে না। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য ১০৮ নং চিত্রের ন্যায় আর এক প্রকার ম্যাণ্ড্রেল প্রচলিত আছে।

এই প্রকার ম্যাণ্ড্রেলের গঠন ও কার্যকারিতা ঠিক ক'এ বর্ণিত কোণ টাইপ ম্যাণ্ড্রেলের ন্যায়। কেবলমাত্র তফাৎ এই যে, দুইটি শঙ্কুতে কতগুলি স্লট (slot) কাটা থাকে—যাহাতে ডগ ক্লাচের ন্যায় একটি অপরটির মধ্যে ঢুকিয়া যাইতে পারে—শঙ্কু দুইটি যাহাতে ঘুরিয়া না যায় তজ্জন্য ম্যাণ্ড্রেলের সহিত চাবি দ্বারা আঁটা থাকে।

এই প্রকার ম্যাণ্ড্রেলে পাতলা ওয়াশার (Washer) প্রভৃতি সহজে কাটা চলে। তবে ব্যবহারের সময় পূর্বের ন্যায় গর্তের দুই প্রান্তে চ্যাম্ফার দিতে হইবে।

(গ) আর এক প্রকারের ম্যাণ্ড্রেল আছে ঠিক পূর্ব বর্ণিত টেপার এক্সপ্যাণ্ডিং ম্যাণ্ড্রেলের (১০৯ B নং চিত্র) ন্যায়। কেবলমাত্র তফাৎ এই যে চেড়া বুসটিকে টেপার ম্যাণ্ড্রেলের উপর চাপিয়া বড় করিবার জন্য নাটের ব্যবস্থা থাকে এবং নাট ও বুসের মধ্যে একটি কলার থাকে।

১১১ নং চিত্র

এই প্রকার ম্যাণ্ড্রেলের বুস তৈয়ার করিবার সময় বুসটিকে সম্পূর্ণ চিড়িয়া না ফেলিয়া দুই প্রান্তে অল্প একটু করিয়া মাল রাখিয়া দিতে হয়। পরে হার্ডনিং করিয়া বুসের বোরটি নিখুঁত ভাবে গ্রাইণ্ডিং করার পর গ্রাইণ্ডিং হুইল দ্বারা বুসের এক প্রান্তের মাল কাটিয়া দিতে হয়।

(ঘ) ১১০ B নং চিত্রে প্রদর্শিত ম্যাণ্ড্রেলটি অনেকটা ১০৯ C নং চিত্রে প্রদর্শিত এক্সপ্যাণ্ডিং ম্যাণ্ড্রেলের ন্যায়। ইহাতে একটি ম্যাণ্ড্রেলের উপর লম্বালম্বি দিকে কতকগুলি টেপারে টি -স্লট(T-slot) কাটা থাকে এবং এই টি-স্লট-এ T-আকৃতির জিব পরান থাকায়, জিবগুলি উপরদিকে উঠিয়া যাইতে পারে না। এই জিবগুলি যাহাতে লম্বালম্বি সরিয়া যাইতে না পারে, তজ্জন্য d-এর ন্যায় দেখিতে কলার d থাকে। কলার d-দ্বারা জিবগুলিকে প্রয়োজন মত সরাইয়া জব (job) ধরা হয়। জিবে ধাপ থাকার জন্য এই প্রকার ম্যাণ্ড্রেলে যে-বস্তু ধরা যায় তাহার বোরের (Bore) উচ্চ এবং নিম্ন সীমা ১০৯ C নং চিত্রে প্রদর্শিত ম্যাণ্ড্রেল অপেক্ষা অনেক বেশী।

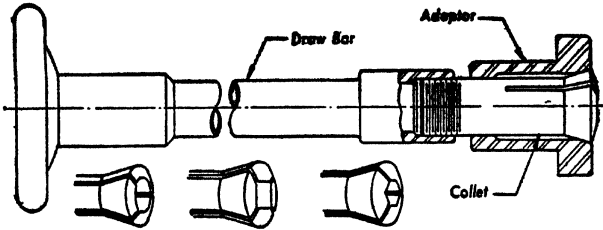
(ঙ) ১১১ নং চিত্রে প্রদর্শিত ম্যাণ্ড্রেলটি প্রডাক্সন (Production) অর্থাৎ দ্রুত উৎপাদন কার্যের পক্ষে বিশেষ উপযোগী। যে জবটি (job) কাটা হইবে তাহা লম্বা হইলে ম্যাণ্ড্রেলটি আলে আলে ধরা যাইতে পারে আর তাহা না হইলে ম্যাণ্ড্রেলের এক দিকে মোর্স টেপার কাটা থাকে যাহাতে ইহা হেডষ্টক স্পিণ্ডলের টেপার নোজে (nose) ফিট হয়।

এই প্রকার ম্যাণ্ড্রেল প্রথমে জবের (job) বোরের মাপে বেলনাকৃতি করিয়া টার্ণিং করা হয় ও পরে এক পাশ লম্বালম্বি দিকে ফ্ল্যাট করা হয়। ফলে, ম্যাণ্ড্রেলটিতে জব (job) চাপাইলে উভয়ের মধ্যে ফ্ল্যাট অংশ বরাবর ফাঁক থাকিয়া যায়। এই ফাঁকের মধ্যে একটি পিন ঢুকাইয়া দিয়া বস্তুটিকে অল্প একটু ঘোরাইয়া দিলে বস্তুটি টাইট হইয়া যায়। কারণ, জবটির বোর ও ম্যাণ্ড্রেলের ফ্ল্যাট অংশের মধ্যে যে ফাঁক তাহা ফ্ল্যাট অংশের প্রস্থের মাঝামাঝি জায়গায় সর্বাপেক্ষা বেশী এবং পাশের দিকে উহা ক্রমশঃ কমিতে কমিতে শূন্য হইয়া গিয়াছে। কাজেই পিনটি ফ্ল্যাট অংশের মাঝখান দিয়া ঢোকাইয়া জবটিকে একটু ঘোরাইয়া দিলে পিনটি পাশের দিকে সরিয়া যায় এবং সেখানে ফাঁক কম হওয়ায় জবটিকে আটকাইয়া ধরে। পিনটি যাহাতে লম্বালম্বি দিকে সরিয়া যাইতে না পারে তারজন্যে ম্যাণ্ড্রেলটির টেলষ্টকের দিকের অল্প একটু অংশ ফ্ল্যাট করা হয় না। এই অল্প একটু কলারের (Coller) মত জায়গায় ছোট একটি লম্বাটে স্লট কাটা হয় এবং পিনের এক প্রান্ত একটু সরু করিয়া এরূপভাবে টার্ণিং করা হয় যাহাতে উহা স্লটটিতে ফিট করে। ফলে, পিনটি টেলষ্টকের দিক দিয়া বাহির হইয়া যাইতে পারে না। ম্যাণ্ড্রেলটির অপর দিকে একটি

কলার থাকে এবং উহাতে একটি সেট স্ক্রু থাকে। এই সেট স্ক্রুটি পিনটির অপর প্রান্তে থাকিয়া পিনটিকে সরিতে দেয় না।

লেদ কলেট (Collet)

কলেটকে অনেক সময় স্প্রীং চাকও বলা হইয়া থাকে। কলেট বহু রকমের হয়, তবে তাহাদের মূলনীতি মোটামুটি এক। ১১২ নং চিত্রে একটি বহুল প্রচলিত কলেট দেখান হইয়াছে।

এই প্রকার কলেটের ভিতরটা ফাঁপা থাকে ও সম্মুখের দিকে সমান দূরে দূরে তিন জায়গায় লম্বালম্বি দিকে চেরা থাকে। ইহার পিছন দিক সমান্তরাল থাকে ও সম্মুখের দিকে টেপার কাটা থাকে যাহাতে ইহা লেদ স্পিণ্ডল নোজের অ্যাডপ্টারে ফিট হয়। কলেটের পিছনের সমান্তরাল অংশের বহিঃপৃষ্ঠে থ্রেড (সাধারণতঃ বাট্রেস থ্রেড) কাটা থাকে এবং ড্র-বার নামে পরিচিত পাইপের এক প্রান্তে ইণ্টারনাল থ্রেড কাটা থাকে যাহাতে ইহা কলেটের থ্রেডে ফিট হয়। পাইপের অপর প্রান্তে একটি হ্যাণ্ড-হুইল থাকে যাহাতে পাইপটিকে ঘোরাইতে পারা যায়। পাইপটি হেডষ্টক স্পিণ্ডলের পিছন-দিক হইতে ঢোকাইয়া কলেটের থ্রেডে আটকান থাকে। হ্যাণ্ড-হুইলটি ঘোরাইলে ড্র-বারটি কলেটকে ভিতর দিকে টানিতে থাকে; ফলে, অ্যাডপ্-

১১২ নং চিত্র

টারের টেপারের চাপে কলেটটি বস্তুটিকে (job) চাপিয়া ধরে। ড্র-বার ফাঁপা হওয়ায় হেডষ্টক স্পিণ্ডলের পিছন দিক হইতে লম্বা রড ঢুকাইয়া কলেটে ধরা যায় ও ছোট ছোট মাল টার্ণিং করিয়া পার্টিং টুল সাহায্যে কাটিয়া লওয়া যায়। এই প্রকার কলেট ও লেদের হেডষ্টক স্পিণ্ডল গ্রাইণ্ডিং-এ ফিনিস হওয়ায় এই কলেট সাহায্যে খুব সূক্ষ্ম কাজ করা যায়। এই কলেটে

একটি ফিনিস জবকে 0 00025 ইঞ্চির মধ্যে নিটাল করিয়া বাঁধা যায়।

একটি অসুবিধা হইতেছে যে, ড্র-বারের বোর (Bore) অপেক্ষা বড় ব্যাসের মাল এই প্রকার কলেট এ ধরা যায় না। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য অ্যাডপ্‌টারের মুখে থ্রেড কাটা থাকে। কলেটটি অ্যাডপ্‌টারের টেপার বোরে ফিট করিয়া অ্যাডপ্‌টারের থ্রেডে একটি থ্রেড বিশিষ্ট ক্যাপ লাগাইয়া কলেটটিকে অ্যাডপ্‌টারের টেপারে চাপিয়া ধরা হয়। ইহার ফলে স্পিণ্ডলের বোরের যা ব্যাস এই প্রকার কলেটেও তত ব্যাসের মাল ধরা যায়।

কত ব্যাস হইতে কত ব্যাস পর্যন্ত মাল কোন্ কলেটে ধরা যায় তাহা কলেটের গায়ে লেখা থাকে। কলেটকে বেশী স্প্রীং করান যায় না বলিয়া বিভিন্ন মাপের কলেট মজুত রাখিতে হয়।

কলেট সাধারণতঃ কলেট ষ্টীল নামে পরিচিত স্প্রীং করে এরূপ একপ্রকার ষ্টীল হইতে নির্মিত হয়।

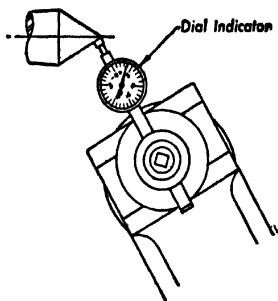
একাদশ অধ্যায়

বিভিন্ন প্রকার লেদের কাজ

সেণ্টারে সেণ্টারে কাজ ঃ

উভয় সেণ্টার একই লাইনে থাকা এবং লাইভ সেণ্টার নিটাল-ভাবে ঘোরার প্রয়োজনীয়তা—উভয় সেণ্টার একই লাইনে না থাকিলে জবটি লেদের সেণ্টার লাইনের সহিত সমান্তরাল থাকিবে না। ফলে, জবটি টেপার কাটিবে। লাইভ সেণ্টার টালে ঘুরিলে জবটিও টালে ঘুরিবে। সুতরাং উহা টেপার কাটিবে।

লাইভ সেণ্টার নিটালভাবে ঘুরিতেছে কিনা কিরূপে পরীক্ষা করিতে হয় ?

১১৩ নং চিত্রের ন্যায় টুলপোষ্টে ডায়াল ইন্‌ডিকেটরটি বসাইয়া উহার মুখটি লাইভ সেণ্টারটির ছুঁচাল মুখে বসাইতে হয়। এইবার লাইভ সেণ্টারটি ঘোরাইলে ডায়াল ইন্‌ডিকেটরের কাঁটা যদি স্থিরভাবে দাঁড়াইয়া থাকে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে উহা নিটালভাবে ঘুরিতেছে। আর যদি ইন্‌ডিকেটরের কাঁটা এদিক ওদিক নড়ে, তাহা হইলে বুঝিতে হইবে উহা নিটালভাবে ঘুরিতেছে না।

১১৩ নং চিত্র

লাইভ সেণ্টার টালে ঘোরার কারণ—লাইভ সেণ্টারটি টালে ঘোরার তিনটি কারণ থাকিতে পারে—

১। স্পিণ্ডল নোজের টেপার ও অ্যাডপ্‌টারের টেপারের মধ্যে বা অ্যাডপ্‌টারের টেপার এবং সেণ্টারের টেপারের মধ্যে নোংরা থাকিতে পারে।

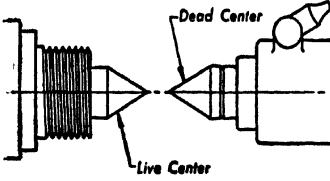
২। স্পিণ্ডলের টেপার হোল, অ্যাডপ্‌টারের টেপার হোল বা সেণ্টারের টেপার শ্যাঙ্ক অংশে চড় থাকিতে পারে।

৩। সেণ্টারের মুখে যে কোণ করা থাকে তাহার ছুঁচাল মুখটি গ্রাইণ্ডিং-এর দোষে ঠিক সেণ্টারে না থাকিতে পারে।

সেণ্টার দুইটি একই লাইনে আছে কিনা কিরূপে পরীক্ষা করা হয়।

১। একটি লম্বা রডকে সেণ্টারে সেণ্টারে টার্ণিং করিয়া যদি দেখা যায় **উভয় প্রান্তের মাপ ঠিক আছে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে উভয় সেণ্টার একই লাইনে আছে। কিন্তু উভয় প্রান্তের মাপ যদি এক না থাকে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে সেণ্টার দুইটি একই লাইনে নাই।**

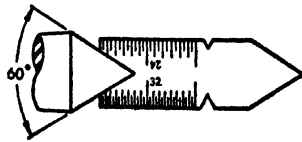
যদি দেখা যায় ডেড সেণ্টারের দিকের ব্যাস লাইভ সেণ্টারের দিক অপেক্ষা বেশী, তাহা হইলে ডেড সেণ্টারটিকে নিজের দিকে আগাইয়া আনিতে হইবে, যাহাতে আরো মাল কাটিয়া যায়। আর যদি ডেড সেণ্টারের দিকের ব্যাস কম হয়, তাহা হইলে ডেড সেণ্টারকে নিজের কাছ হইতে দূরে সরাইয়া দিতে হইবে।

১১৩ নং চিত্র

২। ১১৪ নং চিত্রের ন্যায় সেণ্টার দুইটিকে মুখোমুখি মিলাইয়াও সেণ্টার দুইটি একই লাইনে আছে কি না পরীক্ষা করা যায়।

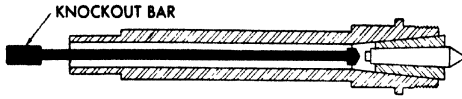
ডেড সেণ্টার কিরূপে সরান হয়?

টেলষ্টকের উপর অংশকে সরাইয়া কিরূপে ডেড সেণ্টার সরান হয়, তাহা বিশদভাবে ৩৯ পৃষ্ঠায় বর্ণনা করা হইয়াছে।

লাইভ সেণ্টার কিরূপে নিটাল করিতে হয়?

হেডষ্টক স্পিণ্ডলের টেপার নোজ, অ্যাডপ্টার, সেণ্টার প্রভৃতি ভাল করিয়া পরিষ্কার করিতে হইবে। উহাদের মধ্যে কোন জায়গায় চড় থাকিলে তাহা হাফ-রাউণ্ড স্মুথ ফাইল দ্বারা তুলিয়া দিতে হইবে। পরে লাইভ সেণ্টারটি ফিট করিলে যদি দেখা যায় সেণ্টারটি তবুও টালে ঘুরিতেছে, তাহা হইলে নিম্নলিখিত দুইভাবে সেণ্টারটিকে নিটাল করা চলে।

১৫ নং চিত্র

১। সেণ্টারটি যদি নরম হয়, তাহা হইলে ৪৭ নং চিত্রের ন্যায় সেণ্টারটি 60° ডিগ্রীতে টার্ণিং করিতে হইবে।

২। সেণ্টারটি যদি হার্ডনিং করা হয়, তাহা হইলে সেণ্টারটি নিখুঁত করিয়া গ্রাইণ্ডিং করিতে হইবে। লেদ মেসিনে গ্রাইণ্ডিং অ্যাটাচ্‌মেণ্ট লাগাইয়া সেণ্টার গ্রাইণ্ডিং করা যায়। কিন্তু সেই সময় লেদের বেড এবং অন্যান্য বিয়ারিং বা স্লাইডিং সারফেস কাগজ বা অন্য কিছু দ্বারা ঢাকিয়া রাখিতে হইবে, যাহাতে গ্রাইণ্ডিং হুইলের গুঁড়া উহাদের উপর না পড়ে। কারণ, তাহা হইলে এই সকল অংশ দ্রুত ক্ষয় হইয়া যাইবে।

১১৬ নং চিত্র

সেণ্টার ঠিকমত গ্রাইণ্ডিং হইল কিনা তাহা ১১৫ নং চিত্রের ন্যায় সেণ্টার গেজ সাহায্যে পরীক্ষা করিতে হয়।

সেণ্টার খুলিবার নিয়ম ঃ—

পিছন দিক হইতে হেডষ্টক স্পিণ্ডলের গর্তের মধ্যে একটি রড ঢোকাইয়া, লাইভ সেণ্টারটি ধীরে ধীরে ঠুকিলে লাইভ সেণ্টারটি খুলিয়া যাইবে। (১১৬ নং চিত্র) কিন্তু সেণ্টারটি যাহাতে পড়িয়া ভাঙ্গিয়া না যায় বা মেসিনের কোন ক্ষতি না করে, তজ্জন্য লাইভ সেণ্টারটি খুলিবার সময় কাহাকেও ধরিতে বলিতে হয় বা কম্বল জাতীয় কোন জিনিস বেডের উপর রাখিতে হয়।

কোন কোন সময় লাইভ সেণ্টারের শ্যাঙ্কের উপরদিকে স্প্যানার দ্বারা ধরিবার জন্য দুই বিপরীত দিকে অল্প একটু ফ্ল্যাট করা থাকে। (৩১নং চিত্রের B)। এই ফ্ল্যাট অংশে স্প্যানার লাগাইয়া অল্প একটু ঘোরাইলে লাইভ সেণ্টারটি খুলিয়া যাইবে।

কোন কোন লাইভ সেণ্টারের শ্যাঙ্কের উপর দিকের সমান্তরাল অংশে থ্রেড কাটা থাকে (৩১ নং চিত্রের C)। এই থ্রেডে নাট লাগাইয়া ঘোরাইলে নাটটি হেডষ্টক স্পিণ্ডলের গায়ে লাগিয়া লাইভ সেণ্টারটি বাহির করিয়া দেয়।

ডেড সেণ্টার খুলিবার নিয়ম ঃ—৩৯ পৃষ্ঠায় বর্ণনা করা হইয়াছে।

সেণ্টার ড্রিল ঠিক সেণ্টারে করিবার প্রয়োজনীয়তা—

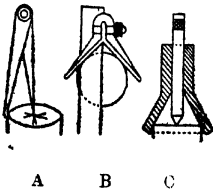
১। সেণ্টার ড্রিল ঠিক সেণ্টারে না করিলে জবটি টালে ঘোরে এবং বাটালিতে ধাক্কা মারিতে থাকে। ইহার ফলে প্রথমতঃ বাটালিটি ভাঙ্গিয়া

যাইবার সম্ভাবনা থাকে এবং দ্বিতীয়তঃ জবটি টালে ঘোরার জন্য বেশী কোপ দিতে না পারায় মালটি কাটিতে সময় বেশী লাগে।

২। বস্তুটি যে ব্যাসে টার্ণিং করিতে হইবে তাহা অপেক্ষা বস্তুটির মাপ বেশী বড় না থাকিলে বস্তুটির ব্যাস ছোট হইয়া নষ্ট হইয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে।

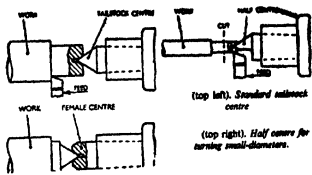
৩। বস্তুটির সারফেস হইতে কেন্দ্রের দিকে কারবনের শতকরা হার এক না থাকায় বস্তুটিকে টালে কাটিলে সারফেসের সব জায়গায় কারবনের হার এক থাকে না। হার্ডনিং-এর মাত্রা ষ্টীলে কারবনের শতকরা হারের উপর নির্ভর করে। ফলে, বস্তুটির সকল জায়গা একই রকম হার্ডনিং হয় না।

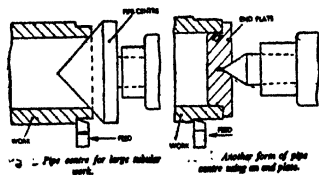
সেণ্টার ড্রিলের উদ্দেশ্যে জবের সেণ্টার বাহির করিবার পদ্ধতি—

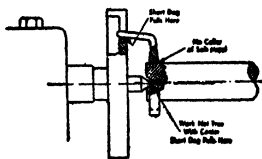
১। ১১৭ A নং চিত্রের ন্যায় অড-লেগ ক্যালিপার (Odd leg calliper) বা হার্মাফ্রোডাইট ডিভাইডারের (Hermaphrodite Divider) বাঁকা মুখটি জবের গায়ে লাগাইয়া ছুঁচাল মুখটি দ্বারা জবের প্রান্তে কতকগুলি বৃত্তচাপ আঁকিতে হয়। যাহাতে চাপগুলি স্পষ্ট দেখিতে পাওয়া যায়, সেইজন্য জবের প্রান্তে খড়ি বা কপার সাল্‌ফেট সলিউসন লাগাইতে হয়। ডিভাইডারটি এরূপভাবে অ্যাড্‌জাষ্ট করিতে হয়, যাহাতে বৃত্তচাপগুলি একটি বিন্দুতে মিলিত হয়। বৃত্তচাপগুলি যে বিন্দুতে মিলিত হয় তাহাই জবের সেণ্টার পয়েণ্ট। একটি সেণ্টার পাঞ্চ দ্বারা ঐ বিন্দুটিকে চিহ্নিত করিয়া লইয়া সেণ্টার ড্রিল করিতে হয়।

১১৭ নং চিত্র

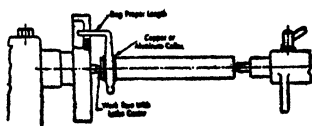
২। বস্তুটি যদি মোটামুটি গোল আকৃতির হয় তাহা হইলে ১১৭B নং চিত্রের ন্যায় সেণ্টার স্কোয়্যারটি জবের গায়ে ধরিয়া জবের প্রান্তে একটি লাইন টানিতে হইবে। পূর্বোক্ত উপায়ে এই লাইনের সহিত মোটামুটি লম্ব করিয়া আর একটি লাইন টানিতে হইবে। এই দুইটি রেখা যে বিন্দুতে মিলিত হইবে তাহাই হইতেছে সেণ্টার পয়েণ্ট।

৩। জবটি গোল আকৃতির হইলে ১১৭C নং চিত্রের ন্যায় কাপ বা বল সেণ্টার পাঞ্চ সাহায্যে জবের সেণ্টার বাহির করা যায়।

সেণ্টার—পাইপ টার্ণিং-এর সময় পাইপ সেণ্টারের সাহায্যে কিরূপে জবকে সাপোর্ট দেওয়া যায়, তাহা ১১৯ নং চিত্রে দেখান হইয়াছে। কোন কোন সময় পাইপের ডেড-সেণ্টারের প্রান্তে একটি প্লেট বা কাঠের টুকরা ফিট করিয়া তাহাতে সেণ্টার ড্রিল করিয়া সাধারণ সেণ্টার সাহায্যে পাইপকে সাপোর্ট দেওয়া যায়।

উপরে বামে সাধারণ সেণ্টার। উপরে ডানদিকে হাফ্ সেণ্টার। নীচে ফিমেল সেণ্টার। ১১৮ নং চিত্র

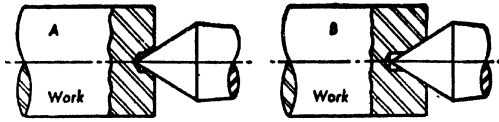
পাইপের অপর প্রান্ত যদি চাকে ধরা হয়, তাহা হইলে তাহা যাহাতে তুব্ড়াইয়া না যায়, তজ্জন্য পাইপের গর্তের ব্যাসের একটি কাঠ টার্ণিং করিয়া পাইপের গর্তের ভিতর দিয়া চাকের জ-এ ধরিতে হয়।

পাইপ সেণ্টার ১১৯ নং চিত্র

টেপার টার্ণিং-এর সময় জবের অক্ষরেখা এবং লাইভ ও ডেড সেণ্টারের অক্ষরেখা সমান্তরাল না হওয়ায় ৩১A নং চিত্রের ন্যায় সাধারণ সেণ্টার সাহায্যে উহা ভালভাবে ধরা যায় না। ৩১E নং চিত্রের ন্যায় বল পয়েণ্ট সেণ্টার ব্যবহার করিলে টেপার টার্ণিং ভালভাবে করা যায়।

১২০ নং চিত্র

লেদ ডগ—সেণ্টারে সেণ্টারে কাজ করিবার সময় অনেক সময় দেখা যায় : লেদ ডগটি ছোট হওয়ার জন্য ড্রাইভিং প্লেট বা ক্যাচ প্লেটের গায়ে লাগিয়া জবটিকে বাঁকাইয়া দিয়াছে। ১২০ নং চিত্র লক্ষ্য করিলে উহা বোঝা যাইবে। কাজেই লেদ ডগটি যাহাতে

১২১ নং চিত্র

সঠিক দৈর্ঘ্যের হয় সে বিষয়ে বিশেষভাবে লক্ষ্য রাখিতে হইবে। ১২১ নং চিত্রে সঠিক দৈর্ঘ্যের লেদ ডগ দেখান হইয়াছে।

প্লেন বা স্ট্রেট টার্ণিং (Plain or Straight Turning) :—প্লেন টার্ণিং-এর সময় নিম্নলিখিত বিষয়গুলি লক্ষ্য রাখিতে হইবে :—

১। **সেণ্টার ড্রিলং** (Center Drilling) :—যে জিনিসটি কাটা হইবে তাহাতে দুইদিকে বা একদিকে যদি আল (Center) ব্যবহার করিতে হয় তাহা হইলে প্রথম লক্ষ্য করিতে হইবে বস্তুটিতে সেণ্টার ড্রিলের মাপ ও

(A) সেণ্টার ড্রিলের গভীরতা কম (B) সেণ্টার ড্রিলের মাপ এবং গভীরতা ঠিক্ হইয়াছে।

১২২ নং চিত্র

গভীরতা ঠিক আছে কিনা। কারণ সেণ্টার ড্রিলের গভীরতা কম হইলে ১২২ (A) নং চিত্রের ন্যায় আলের মুখ নষ্ট হইয়া যাইবে এবং ঠিক মাপের না হইলে বস্তুটিকে যতটা জায়গায় ধরা প্রয়োজন ঠিক ততটা জায়গায় ধরিতে পারিবে না। সেণ্টার ড্রিলের তলদেশ এবং আলের মুখের মধ্যে যথেষ্ট পরিমাণ ফাঁক থাকা প্রয়োজন। ইহাতে যে কেবল আলের মুখ নষ্ট হয় না তাহাই নহে, এই ফাঁকে ঘর্ষণ বন্ধ করার পিচ্ছিল পদার্থ (Lubricant) রাখা যায়। নিম্নে বিভিন্ন মাপের কাজের উপযুক্ত সেণ্টার ড্রিলের মাপের তালিকা দেওয়া হইল। সেণ্টার ড্রিল করিবার সময় দেখিতে হইবে যে, যে ফেসে (Face) সেণ্টার ড্রিল হইবে তাহা মালের দৈর্ঘের সহিত ঠিক লম্বভাবে (Rt. Angle) আছে কিনা।

বিভিন্ন মাপের কাজের উপযুক্ত সেণ্টার ড্রিলের মাপ

মালের ব্যাস ইঞ্চিতে	সেণ্টার ড্রিলের ব্যাস ইঞ্চিতে	কাউণ্টার-সিঙ্কের ব্যাস ইঞ্চিতে
$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{64}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{7}{64}$
$\frac{5}{16}$ to $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{9}{16}$ to $\frac{3}{4}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{9}{64}$
$\frac{13}{16}$ to 1	$\frac{5}{64}$	$\frac{3}{16}$

মালের ব্যাস ইঞ্চিতে	সেণ্টার ড্রিলের ব্যাস ইঞ্চিতে	কাউণ্টার সিঙ্কের ব্যাস ইঞ্চিতে
$1\frac{1}{16}$ to $1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{7}{32}$
$1\frac{5}{16}$ to $1\frac{1}{2}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{1}{4}$
$1\frac{9}{16}$ to $1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{32}$ to $\frac{1}{8}$	$\frac{9}{32}$
$1\frac{13}{16}$ to 2	$\frac{1}{8}$	$\frac{5}{16}$
$2\frac{1}{16}$ to $2\frac{1}{2}$	$\frac{5}{32}$	[illegible]
$2\frac{5}{8}$ to 3	[illegible]/16	$\frac{7}{16}$

১২৩ নং চিত্র—টুল সেটিং

২। বস্তুটি আলে আলে খুব আলগা বা খুব টাইট না হয়।

৩। বাটালি ঠিক সেণ্টারে (Center) বা সেণ্টারের অল্প একটু উপরে থাকিবে।

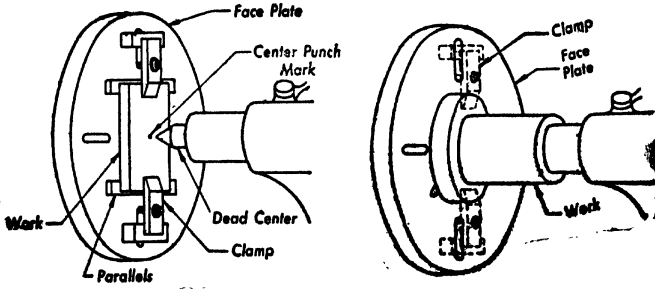
৪। কম্পাউণ্ড স্লাইড 30° আন্দাজ কোণে বাঁধিলে ভাল হয়। (১২৩ নং চিত্র)

৫। বাটালিটি অল্প একটু ডানদিকে অর্থাৎ ডেড সেণ্টারের দিকে হেলাইয়া বাঁধা উচিত। তাহা হইলে যদি কোন কারণে কাটিবার সময় বাটালি ঘুরিয়া যায় তাহা হইলে বাটালির বা মালের ক্ষতি হইবে না।

৬। বাটালি যতদূর সম্ভব ছোট করিয়া বাঁধিতে হইবে।

৭। বাটালিকে 15° প্লান অ্যাঙ্গলে (Plan Angle) গ্রাইণ্ডিং করিলে অপেক্ষাকৃত ভাল কাটে এবং ভাল ফিনিস পাওয়া যায়।

ফেস প্লেটের কাজ ঃ—

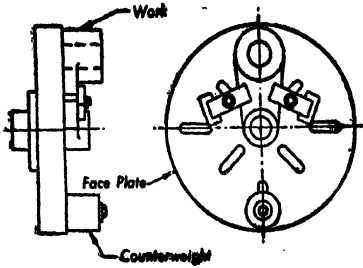
কোন কোন সময় জবটি এরূপ বড় হয় বা উহার আকৃতি এরূপ হয় যে উহা চাকে ধরা যায় না, তখন ফেস প্লেটে জবটি ধরা হয়। জবটি সোজাসুজি ফেস প্লেটে বাঁধা যায় অথবা অ্যাঙ্গল প্লেট বা ঐরূপ সুবিধাজনক কোন অ্যাটাচ্‌মেণ্ট ফেস প্লেটে ফিট করিয়া জবটিকে ধরা যায়। ফেস প্লেটে কাজ করিবার সময় নিম্নলিখিত ভাবে কাজ করিতে হইবে ঃ—

১২৪ নং চিত্র

১। ফেস প্লেট এবং স্পিণ্ডলের থ্রেড ভালভাবে পরিষ্কার করিতে হইবে, যেন উহাদের মধ্যে কোনরূপ নোংরা না থাকে।

২। ফেস প্লেটটি আস্তে আস্তে ঘোরাইয়া স্পিণ্ডলের গায়ে সাঁটিয়া দিতে হইবে। কোনও সময় ধাক্কা দিয়া ফেস প্লেট স্পিণ্ডেলে আটকান উচিত নহে।

৩। সম্ভব হইলে ফেস প্লেটটি একটি বেঞ্চের উপর রাখিয়া জবটি ফেস প্লেটে মোটামুটি নির্দিষ্ট জায়গায় বাঁধিয়া তাহার পর স্পিণ্ডলে আটকান ভাল। ফেস প্লেটটি স্পিণ্ডলে আটকাইয়া তাহার পর জবটি সামান্য সরাইয়া সঠিক অবস্থানে লইয়া আসিয়া নাট বোল্টগুলি যতদূর সম্ভব টাইট দিয়া জবটিকে দৃঢ়ভাবে ফেস প্লেটের সহিত আটকাইতে হইবে।

৪। ফেস প্লেটটি স্পিণ্ডলে আটকাইয়া তাহার পর যদি জবটি বাঁধিতে হয় তাহা হইলে টেলষ্টক স্পিণ্ডল বা সেণ্টারটি জবের গায়ে ঠেকাইয়া জবটি সাপোর্ট দিয়া নাট বোল্ট টাইট দেওয়া যাইতে পারে। (১২৪ নং চিত্র)

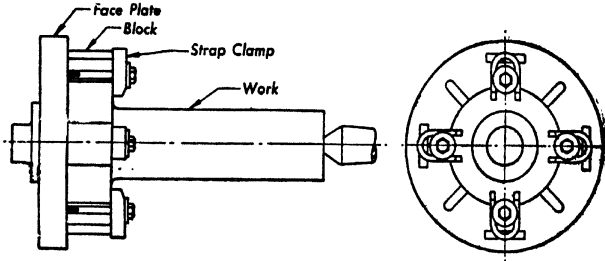
৫। জবের আকৃতি যদি এরূপ হয় যে ফেস প্লেটের কেন্দ্রের চতুষ্পার্শ্বে ভার সমানভাবে পড়ে না, তাহা হইলে যে পার্শ্বে ভার বেশী হইবে তাহার বিপরীত পার্শ্বে একটি ভার দিয়া ফেস প্লেটের উভয় পার্শ্বের ভারের সমতা রক্ষা করিতে হইবে। এই ভারকে ইংরাজীতে কাউণ্টার ব্যালেন্স (Counter Balance) বলে। কাউণ্টার ব্যালেন্স না দিলে ফেস প্লেটটি ধাক্কা মারিয়া মারিয়া ঘুরিবে (১২৫ নং চিত্র)।

১২৫ নং চিত্র

৬। ডায়াল ইন্‌ডিকেটর সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে ফেস প্লেটটি নিটালভাবে ঘুরিতেছে কি না।

৭। জবটিকে টাইট দিবার সময় যদি ক্ল্যাম্প এবং বোল্ট ব্যবহার করা হয়, তাহা হইলে বোল্টগুলি ব্লক অপেক্ষা জবের যতদূর সম্ভব কাছে রাখিতে হইবে। ইহার ফলে বোল্ট টাইট দিলে ব্লক অপেক্ষা জবে বেশী চাপ পড়িবে (১২৬ নং চিত্র)।

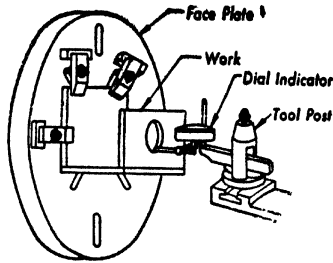
৮। বোল্ট দ্বারা টাইট দিবার সময় ওয়াশার ব্যবহার করা উচিত। ইহার ফলে জবটি অধিক দৃঢ়ভাবে ধরা যায় এবং মালটি খুলিয়া যাইবার সম্ভবনা কম থাকে।

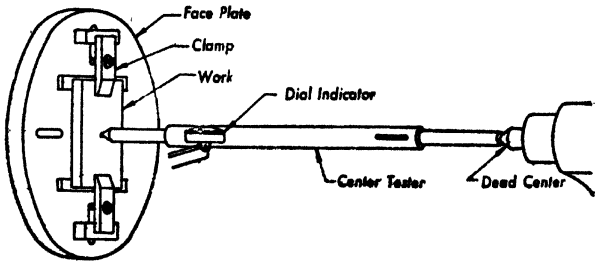
৯। বোল্টগুলি যতদূর সম্ভব সঠিক দৈর্ঘ্যের লইতে হইবে। বোল্টগুলির দৈর্ঘ্য কম হইলে থ্রেড নষ্ট হইয়া যাইবে, আর দৈর্ঘ্য বড় হইলে উহা মেসিনের কোন অংশে ধাক্কা মারিতে পারে বা মেসিন চালককে আহত করিতে পারে। যে বোল্ট এবং নোটের থ্রেড খারাপ হইয়া গিয়াছে তাহা কখনই ব্যবহার করিতে নাই। ইহার ফলে সাঙ্ঘাতিক দুর্ঘটনা ঘটিতে পারে।

১০। **সাবধানতা**—ফেস প্লেটটি পাওয়ারে ঘোরাইবার আগে হাতে ঘোরাইয়া দেখিয়া লইতে হইবে জবটির কোন অংশ মেসিনের কোন অংশে লাগিয়া দুর্ঘটনা ঘটাইতে পারে কি না।

১২৬ নং চিত্র

ফেস প্লেটে জব কিরূপে সঠিক স্থানে বাঁধিতে হয় ?

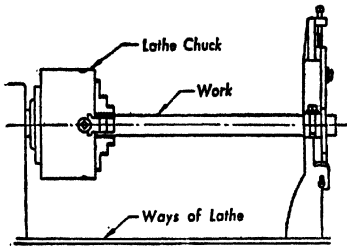
১। যে জবটি প্লেটে বাঁধিতে হইবে তাহার সেণ্টারে একটি পাঞ্চ করিতে হয়। টেলষ্টক সেণ্টারটি জবের খুব কাছাকাছি আনিয়া জবটি সরাইয়া এই সেণ্টার পাঞ্চটি টেলষ্টক সেণ্টারের সহিত মিলাইয়া জবটিকে সঠিক অবস্থানে লইয়া আসা যায়।

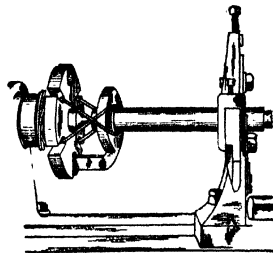
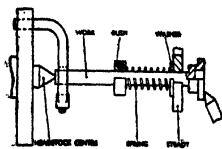
২। জবের ফিনিস সারফেসে ডায়াল ইনডিকেটর লাগাইয়া জবকে সেণ্টার করা যায়। (১২৭ নং চিত্র)

১২৭ নং চিত্র

৩। সেণ্টার টেষ্টার বা উইগলার (Wiggler) (১২৮ নং চিত্র) সাহায্যেও জবকে সেণ্টার করা যায়।

১২৮ নং চিত্র

ষ্টেডি রেষ্টের সাহায্যে জব সাপোর্ট—

পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে লম্বা জবকে সাপোর্ট দিবার জন্য ষ্টেডি রেষ্ট কিরূপে ব্যবহার করা হয়। এখানে ষ্টেডি রেষ্টের বিশেষ কয়েক প্রকার ব্যবহারের কথা আলোচনা করা হইবে।

১২৯ নং চিত্র

১। লম্বা জবের এক প্রান্ত চাকে ধরা থাকিলে এবং অপর প্রান্ত ফেস বা বোর করিতে হইলে ১২৯ নং চিত্রের ন্যায় ষ্টেডি রেষ্ট সাহায্যে করা যায়।

২। জবটির এক প্রান্ত সেণ্টারে ধরা থাকিলে অপর প্রান্ত ষ্টেডি রেষ্ট সাহায্যে কিরূপে সাপোর্ট দিতে হয়, তাহা ১৩০ নং চিত্রে দেখান হইয়াছে। ড্রাইভ প্লেটটি স্পিণ্ডল নোজের উপর যে থে্রডে ফিট করা থাকে তাহার তিনটি থে্রড আন্দাজ আলগা করিতে হয়। চাম্‌ড়ার (Rawhide) লেসের সাহায্যে জবটিকে ড্রাইভ প্লেটে বাঁধিয়া ড্রাইভ প্লেটটি পুনরায় স্পিণ্ডলের থে্রডে টাইট করিয়া আটকাইয়া দিতে হয়। ফলে জবটি লাইভ সেণ্টার হইতে খুলিয়া যায় না।

১৩০ নং চিত্র

৩। জবটির এক প্রান্ত সেণ্টারে ধরা থাকিলে অপর প্রান্ত ষ্টেডি রেষ্ট সাহায্যে সাপোর্ট দিবার আর একটি উপায় ১৩১ নং চিত্রে দেখান হইয়াছে। জবের মধ্য-পথে একটি বুস বা কলার স্ক্রু দ্বারা জবে আটকাইয়া রাখা হয় এবং ষ্টেডি রেষ্টের গায়ে একটি ওয়াশার দিতে হয়। এই দুইয়ের মাঝে একটি কম্‌প্রেসন্‌-স্প্রীং দিলে জবটি লাইভ সেণ্টারে আটকাইয়া থাকে।

১৩১ নং চিত্র

কলেট এবং ড্র-বারের ব্যবহার—

১। ড্র-বার এবং অ্যাডপ্টার লেদের সহিত যাহাতে ঠিকমত ফিট করে সে বিষয়ে বিশেষ লক্ষ্য রাখিতে হইবে।

২। ঠিক মাপের কলেট ব্যবহার করিতে হইবে অর্থাৎ যে মাপের মাল ধরিতে হইবে কলেটের গর্ত সেই মাপের হওয়া চাই। কলেটের গর্তের মাপ অপেক্ষা $\frac{1}{16}$ ইঞ্চির বেশী বড় বা ছোট মাপের মাল কখনও কলেটে ধরিতে চেষ্টা করিতে নাই। ইহাতে মাল ঠিকমত ধারা যায় না এবং কলেট খারাপ হইয়া যায়।

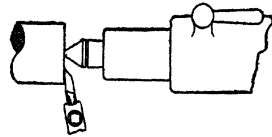
৩। স্পিণ্ডলের টেপার হোল ও অ্যাডপ্‌টারের মধ্যে কোন রকম তেল বা নোংরা থাকিবে না।

৪। ব্যবহারের পূর্বে ড্র-বার ও কলেটের থ্রেডে তেল লাগাইতে হইবে।

৫। কলেটটি যথেষ্ট টাইট দিতে হইবে যাহাতে জবটি কোন কারণে ঘুরিয়া না যায়।

৬। ছোট ব্যাসের মাল টার্ণিং করিবার সময় টুলটি ঠিক সেণ্টারে কিংবা সেণ্টারের সামান্য একটু উপরে সেট করিতে হইতে।

ফেসিং—১। ফেসিং অপারেসন যতদূর সম্ভব চাকে বাঁধিয়া করিতে হইবে। কারণ, এইভাবে ফেসিং করাই সুবিধাজনক।

১। চাকে বাঁধিয়া ফেসিং করা না যাইলে সেণ্টারে সেণ্টারে বাঁধিয়াও ফেসিং করা চলে। এক্ষেত্রে সাইড ফেসিং বাটালি সাহায্যে যতদূর সম্ভব সেণ্টারের কাছ পর্যন্ত ফেস করিতে হইবে। কিন্তু ডেড সেণ্টার থাকার জন্য সম্পূর্ণ ফেস করা যাইবে না। সেণ্টার হোলের পাশে পাতলা রিং আকারে অল্প একটু চড়ের মত থাকিয়া যাইবে। এইবারে ডেড সেণ্টারটিকে $\frac{1}{32}$ ইঞ্চি আন্দাজ পিছাইয়া আলগা করিয়া দিলে জবটি সামান্য একটু টালে ঘুরিতে থাকিবে

১৩২ নং চিত্র

এবং সামান্য যে চড়্‌টুক্ কাটিতে বাকী ছিল তাহা কাটিয়া যাইবে।

৩। ষ্টেডি রেষ্ট সাহায্যে সাপোর্ট দিয়া কিরূপে ফেসিং করা যায় তাহা পৃ১৪২ ষ্ঠায় বর্ণনা করা হইয়াছে।

৪। ফেসিং করিবার সময় টুলটি ঠিক সেণ্টারে বাঁধিতে হইবে ও ১৩২ নং চিত্রের ন্যায় বাটালির মুখটি সামান্য ভিতরদিকে হেলাইয়া রাখিতে হইবে।

বোরিং—১। বোরিং টুল বা বার যতদর সম্ভব মোটা লইতে হইবে, যাহাতে বাটালি না কাঁপে। বাটালি কাঁপিলে বাটালি শীঘ্র ভোঁতা হইয়া যায় ও ফিনিস খারাপ হয়।

২। টুল, বোরিং বার হইতে এবং বোরিং বার, টুল হোল্ডার হইতে যতদূর সম্ভব কম বাহির দিকে রাখিতে হইবে। কারণ, তাহা না হইলে বাটালি বা বোরিংবার কাঁপিতে থাকিবে।

৩। বাটালিটি যেন ধারাল এবং ঠিকমত ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল বিশিষ্ট হয়।

৪। **টুলটি সেণ্টারের সামান্য উপরে বাঁধিতে হইবে**

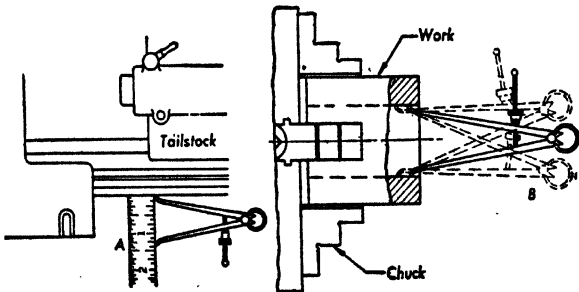
কাটিবার সময় বাটালিটির সামান্য নামিয়া যাইবার প্রবণতা দেখা যায়। বাটালিটি সেণ্টারের অল্প একটু উপরে বাঁধিলে হোলটির বড় হইয়া যাইবার সম্ভবনা থাকিবে না।

৫। বোর কাটিবার সময় বোরটির উভয় প্রান্তের মাপ পরীক্ষা করিতে হইবে। কারণ, অনেক সময়ে বোরিং বার স্প্রীং করে এবং বোর টেপার কাটে।

৬। চাকের জ-গুলি এরূপ জোরে টাইট দেওয়া উচিত নয়, যাহাতে বোরটি কাটা হইলে জ-এর চাপে জব বিকৃত হইয়া যাইবে।

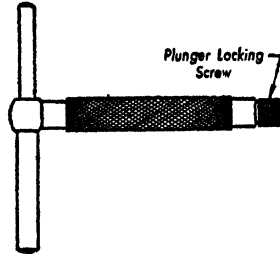
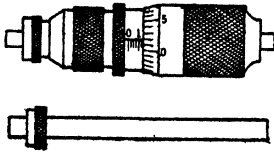
৭। ফিনিস কোপের সময় বোরের মুখের দিকে $\frac{1}{8}$ ইঞ্চি আন্দাজ জায়গা কাটিয়া মাপটি পরীক্ষা করিতে হইবে।

বোর মাপিবার পদ্ধতি—

১। **ইন্‌সাইড ক্যালিপার সাহায্যে**—ইন্‌সাইড ক্যালিপার সাহায্যে

১৩৩ নং চিত্র

বোরের মাপ লওয়া যাইতে পারে। ১৩৩ নং চিত্রের ন্যায় স্কেলটি একটি সমতল জায়গায় বসাইয়া মাপ লইতে হয়। ক্যালিপার ব্যবহারের সময় ক্যালিপারের একটি লেগ অর্থাৎ পা, সকল সময় এক জায়গায় ঠেকাইয়া রাখিয়া অপর লেগটি ঘোরাইয়া ঘোরাইয়া বোরের বিপরীত পার্শ্ব স্পর্শ করিতে হয়। ক্যালিপারটি যাহাতে ঠিক লম্বভাবে থাকে, হেলিয়া না যায়, সেদিকে বিশেষভাবে লক্ষ্য রাখিতে হইবে। রাফ বোর এইভাবে করা হয়।

কিন্তু যখন সূক্ষ্ম বোর করার প্রয়োজন হয়, তখন মাইক্রোমিটার হইতে ১৩৯ নং চিত্রের ন্যায় ক্যালিপারে মাপ তুলিতে হয়।

২। **টেলিস্কোপিং গেজ সাহায্যে**—টেলিস্কোপিং গেজ সাহায্যেও বোরের মাপ লওয়া যায়। ইহা এক প্রকারের অ্যাড্‌জাষ্টেব্‌ল ইন্‌সাইড গেজ। প্রতি সেটে পাঁচটি গেজ থাকে এবং ইহাদের সাহায্যে যথাক্রমে $\frac{1}{2}''$ হইতে $\frac{3}{4}''$, $\frac{3}{4}''$ হইতে $1\frac{1}{4}''$, $1\frac{1}{4}''$ হইতে $2\frac{1}{8}''$, $2\frac{1}{8}''$ হইতে $3\frac{1}{2}''$ এবং $3\frac{1}{2}''$ হইতে $6''$ পর্যন্ত মাপ লওয়া যায়। বোরের ভিতর গেজটি সেট করার পর একটি লক-নাট সাহায্যে গেজের মাপটি ঐ অবস্থায় রাখা হয়। পরে গেজটি বাহির করিয়া মাইক্রোমিটার সাহায্যে গেজটি মাপিয়া বোরের মাপ লইতে হয়।

১৩৪ নং চিত্র—টেলিস্কোপিং গেজ

৩। **ইন্‌সাইড মাইক্রোমিটার সাহায্যে**—দু'ইঞ্চি বা উহার উপর মাপ হইলে ইন্‌সাইড মাইক্রোমিটার সাহায্যে বোরের মাপ লওয়া যায়।

১৩৫ নং চিত্র—ইন্‌সাইড মাইক্রোমিটার

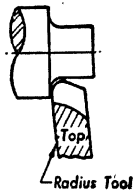
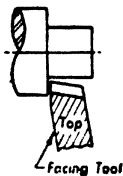
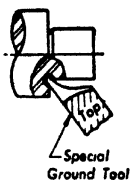
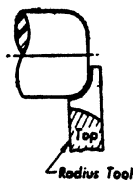
রেডিয়াস্ কর্ণার (Radius Corner) :—এই প্রকার টার্ণিং ঠিক

প্লেন টার্ণিংএর মত কেবল বাটালিটি ১৩৬ নং চিত্রের ন্যায় গ্রাইণ্ডিং করিতে হয় এবং টপ রেক খুব কম দিতে হয়।

রেডিয়াস টুল
১৩৬ নং চিত্র

স্কোয়্যার কর্ণার (Square Corner) :—প্রথমতঃ ইহা ষ্ট্রেট টার্ণিং করিয়া লইতে হইবে, পরে ১৩৭A নং চিত্রের ন্যায় ফেসিং টুলদ্বারা ফিনিস করিতে হয়।

আণ্ডার-কাট (Under Cut) :—প্রথমে বস্তুটিকে ষ্ট্রেট টার্ণিং করিয়া রাফ কাটিং টুল বা ফেসিং টুলদ্বারা কর্ণারটি স্কোয়্যার করিতে হয়। তারপর ১৩৭B নং চিত্রের ন্যায় বাটালি সাহায্যে আণ্ডার-কাট করিতে হয়।

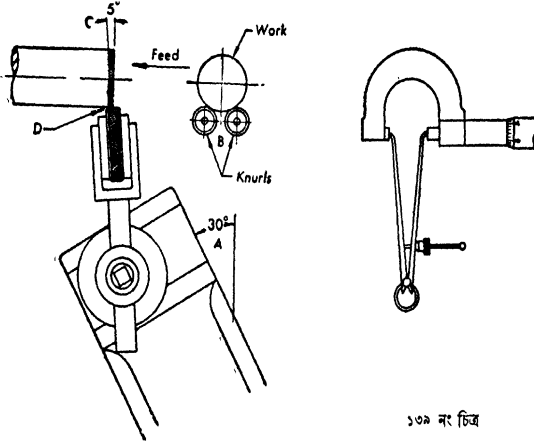
রাউণ্ড-এজ (Rounded Edge) :—১৩৭ C নং চিত্রের ন্যায় প্রথমে বাটালিটিকে প্রদত্ত ব্যাসার্ধের রেডিয়াস গেজের সঙ্গে মিলাইয়া গ্রাইণ্ডিং করিতে হয়। তারপর বাটালিটি ঠিক সেণ্টারে বাঁধিয়া কাটিতে হয়।

১৩৭ নং চিত্র

ফর্ম টার্ণিং (FormTurning) :—লেদে ফর্ম টার্ণিং দুই প্রকার হয় :—

১। বাটালিটিকে হাতে লম্বালম্বি এবং আড়াআড়ি একত্রে চালিত করিয়া বস্তুটিকে যে আকৃতিতে করিতে হইবে সেই আকৃতির একটি টেমপ্লেটের সহিত মিলাইয়া করা হয়। টেমপ্লেটটির (Templet) সহিত মিলাইয়া দেখিবার সময় টেমপ্লেটটি ঠিক বস্তুর সেণ্টারে ধরিতে হইবে।

২। যে আকৃতিতে কোন বস্তু টার্ণিং করিতে হইবে প্রথমে বাটালিটিকে ঠিক সেই আকৃতিতে শান দিয়া (Grinding) লইতে হয়, তারপর

বাটালিটি ঠিক সেণ্টারে বাঁধিয়া যে কোন একদিকে চালনা করিয়া বস্তুটিকে কাটা হয়।

১৩৯ নং চিত্র

১৩৮ নং চিত্র—নার্লিং

নার্লিং (Knurling) :—নার্লিং-এর সময় নিম্নলিখিত বিষয়গুলি লক্ষ্য রাখিতে হইবে :—

১। নার্লিং টুলের (Knurling Tool) উপরের এবং নীচের হুইল ১৩৮ নং চিত্রের B-এর ন্যায় কেন্দ্র হইতে সম-দূরে থাকিবে।

২। নার্লিং টুলটি 5° আন্দাজ অল্প একটু বাঁদিকে কোণ করিয়া বাঁধিলে টুলটি যখন ডানদিক হইতে বাঁদিকে যাইবে, তখন একসঙ্গে সমস্ত কোপ না লইয়া ক্রমশঃ কোপ লইবে। (১৩৮ নং চিত্রের C)

৩। সাধারণতঃ নার্লিং বাটালির অর্ধেক, মালের বাহিরে রাখিয়া কোপ দিলে অপেক্ষাকৃত ভাল নার্লিং হয় (১৩৮ নং চিত্রের D)

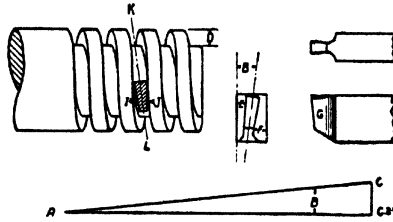
৪। সাধারণতঃ দেখা যায় বেশী ফিডে (Coarse feed) কাটিলে নার্লিং ভাল হয়।

৫। নার্লিং করিবার সময় টুলে সবসময় তেল দিতে হয় যাহাতে নার্লিং টুল বেশী গরম হইয়া না যায়।

৬। একবার নার্লিং-এর প্যাটার্ণ মালে উঠিয়া গেলে নার্লিং টুল বারংবার প্যাটার্ণের উপর যাতায়াত করাইলেও প্যাটার্ণ সাধারণতঃ নষ্ট হয় না।

৭। নার্লিং করিতে করিতে নার্লিং টুলটি কোন সময় তুলিয়া লইতে নাই।

থে্ড কাটিবার সময় নিম্নলিখিতভাবে মেসিন সেটিং করিতে হইবে।

১। যে থে্ড কাটিতে হইবে বাটালিটিকে সেই প্রোফাইল অ্যাঙ্গলে (Profile Angle) গ্রাইণ্ডিং করিতে হইবে।

১৪০ নং চিত্র

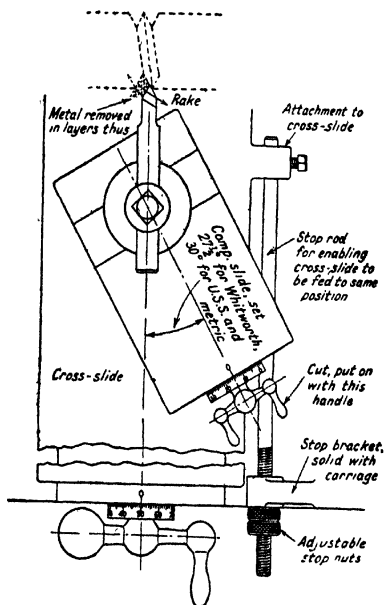
২। স্কোয়ার থে্ড (Square Thread) কাটিবার সময় বাটালিটিকে (১৪০ নং চিত্র) ঠিক পার্টিং টুলের ন্যায় গ্রাইণ্ডিং করিতে হয়, কেবলমাত্র তফাৎ এই যে ইহার ধার (Side) যাহাতে থে্ডের গায়ে না রগ্ড়াইয়া যায়, সেইজন্য বাটালিটি যেদিকে অগ্রসর হয় সেইদিকের সাইড ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল থে ডের হেলিক্স অ্যাঙ্গল (Helix Angle) অপেক্ষা অল্পকিছু বেশীতে গ্রাইণ্ডিং করিতে হয়। যদি একই বাটালি দ্বারা ডান-হাতি এবং বাঁ-হাতি উভয় থে্ডই কাটা হয় তাহা হইলে দু'পাশের সাইড ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গলই হেলিক্স অ্যাঙ্গল অপেক্ষা বেশী রাখিতে হইবে।

$$\text{হেলিক্স অ্যাঙ্গলের ট্যান্জেন্ট} = \frac{\text{লিড}}{\text{রুট ডায়্যামিটারের পরিধি}}$$

$$= \frac{\text{লিড}}{\pi \times \text{রুট ব্যাস}} = \left(\frac{\text{Lead}}{\pi \times \text{ootRDia}}\right)$$

১৪০ নং চিত্রে—AC_2 = রুট ডায়্যামিটারের পরিধি = $\pi \times$ রুট ব্যাস

CC_2 = থ্রেডের লিড

$\therefore$ হেলিক্স অ্যাঙ্গলের ট্যানজেণ্ট = $\frac{CC_2}{AC_2}$ [বিশেষ বর্ণনার জন্য দ্বিতীয় খণ্ড দ্রষ্টব্য।]

১৪১ নং চিত্র

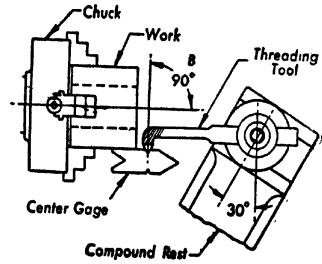
৩। বাটালিটিকে বস্তুর সহিত লম্বভাবে বাঁধিতে হইবে। বাটালিটি ঠিক লম্বভাবে বাঁধা হইয়াছে কিনা তাহা সেণ্টার গেজের সাহায্যে মিলাইয়া দেখিতে হয়। বস্তুর সমান্তরাল অংশে গেজটি ধরিয়া তাহার সহিত মিলাইয়া বাটালিটি বাঁধিতে হয় (৫৯ নং চিত্র দেখ)।

৪। বাটালির উপরপৃষ্ঠ ফ্ল্যাট (Flat) হইবে এবং বাটালিটি ঠিক সেণ্টারে বাঁধিতে হইবে (৭১ নং চিত্র)।

৫। তেল বা হোয়াইট লেড দিয়া ডেড সেণ্টারটি সকল সময় তৈলাক্ত করিয়া রাখিতে হইবে।

৬। ডান-হাতি থ্রেড কাটিবার সময় বাটালিটি ডানদিক হইতে বাঁদিকে

যায়, আর বাঁ-হাতি থ্রেড কাটিবার সময় বাটালিটি বাঁদিক হইতে ডানদিকে চালান হয়। বাঁ-হাতি থ্রেড কাটিবার সুবিধার জন্য সাধারণতঃ যেখান হইতে থ্রেড আরম্ভ হয় সেখানে গ্রুভ (groove) কাটা হয়।

৭। থ্রেড কাটিবার সময় কম্পাউণ্ড স্লাইড দিয়া কোপ দেওয়া উচিত। সেই উদ্দেশ্যে কম্পাউণ্ড স্লাইডকে থ্রেড প্রোফাইল অ্যাঙ্গলের অর্ধেক কোণে বাঁধিতে হয়। যথা, হুইট-ওয়ার্থ (Whitworth) থ্রেডের প্রোফাইল অ্যাঙ্গল 55°, সুতরাং কম্পাউণ্ড স্লাইডকে $27\frac{1}{2}°$ কোণে বাঁধিতে হইবে।

১৪২ নং চিত্র

৮। বাহিরের দিকে থ্রেড কাটিবার সময় যে হাতি থ্রেড কাটিতে হইবে কম্পাউণ্ড স্লাইডকে সেণ্টার লাইন হইতে সেইদিকে ঘোরাইতে হইবে। যেমন—ডান হাতি থ্রেডের সময় কম্পাউণ্ড স্লাইডকে সেণ্টার লাইনের অর্থাৎ ক্রশফিড স্ক্রুর ডানদিকে এবং বাঁ-হাতি থ্রেডের সময় ক্রশফিড স্ক্রুর বাঁদিকে ঘোরাইতে হইবে।

কিন্তু আভ্যন্তরীণ থ্রেড কাটিবার সময় ক্রশ-স্লাইডকে ক্রশফিড স্ক্রুর উল্টাদিকে—যেমন, ডান-হাতির বেলায় বাঁদিকে ও বাঁ-হাতির বেলায় ডানদিকে ঘোরাইতে হইবে (১৪২ নং চিত্র দেখ)

৯। যাহাতে টুলটি (Tool) না কাঁপে সেইজন্য টুলহোল্ডারে টুলটি যতদূর সম্ভব ছোট করিয়া বাঁধিতে হইবে। সাধারণতঃ $\frac{1}{2}$ ইঞ্চির বেশী বাহির হইয়া না থাকাই ভাল।

ড্রিলিং (Drilling)—ড্রিল প্রধানতঃ তিন প্রকার—(i) ফ্ল্যাট্ ড্রিল (ii) টুইষ্ট ড্রিল (iii) সেণ্টার ড্রিল। টুইষ্ট ড্রিল আবিষ্কারের পর ধাতু কাটিতে ফ্ল্যাট ড্রিলের প্রচলন উঠিয়া যাইলেও, এখনও চিল্‌ড আয়রণ (Chilled Iron) প্রভৃতির ন্যায় শক্ত ধাতু কাটিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

টুইষ্ট ড্রিল সাধারণতঃ দুই ফ্লুট বিশিষ্ট হয়। কিন্তু পূর্বেকার করা গর্তে পুনরায় ড্রিল করিতে তিন বা চার ফ্লুটবিশিষ্ট ড্রিল ব্যবহার করিলে ফল ভাল পাওয়া যায়।

ড্রিল করিবার পদ্ধতি নিম্নে প্রদত্ত হইল—

১। কোন ড্রিল করিবার পূর্বে সেণ্টার ড্রিল করিয়া লওয়া ভাল। ইহাতে পরবর্তী ড্রিল ঠিক সেণ্টার ধরিয়া লইবে।

২। সেণ্টার ড্রিল করিবার সময় লক্ষ্য রাখিতে হইবে যাহাতে ড্রিলটি ঠিক সেণ্টারে থাকে। প্রয়োজন হইলে টেলষ্টক অ্যাড্‌জাষ্ট করিতে হইবে। তাহা না হইলে সেণ্টার ড্রিলটি ভাঙ্গিয়া যাইবে।

৩। $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি বা উহার বড় মাপের ড্রিল করিতে হইলে প্রথমে উহা অপেক্ষা ছোট মাপের একটি ড্রিল করিয়া লইতে হইবে। পরে ঈপ্সিত মাপের বড় ড্রিলটি চালাইতে হইবে। প্রথমেই বড় ড্রিলটি চালাইলে ড্রিলটির মুখ জবে বিকেন্দ্রিক ভাবে বসিবার প্রবণতা দেখা যাইবে এবং ফলে গর্তটি ঈপ্সিত মাপ অপেক্ষা বড় হইয়া যাইবার এবং ঠিক গোলাকৃতি না হইবার সম্ভাবনা থাকিবে।

৪। ড্রিল ধারাল করিয়া লইতে হইবে এবং ঠিকমত গ্রাইণ্ডিং করিতে হইবে।

৫। ড্রিলের ব্যাস যত ছোট হইবে ড্রিল তত জোরে ঘুরিবে।

৬। ড্রিলটি ধীরে ধীরে চালাইতে হইবে। বেশী তাড়াতাড়ি করিতে যাইলে ড্রিল ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে অথবা ড্রিল বা ড্রিল চাক স্পিণ্ডলের মধ্যে ঘুরিয়া ড্রিলের শ্যাঙ্ক, সকেট বা স্পিণ্ডলের মধ্যে ঘুরিয়া সকেট বা স্পিণ্ডলের হোল নষ্ট করিয়া দিবার সম্ভাবনা থাকিবে।

৭। লম্বা ড্রিল করিতে হইলে কিছুক্ষণ অন্তর অন্তর ড্রিলটি বাহির করিয়া লইতে হইবে যাহাতে ড্রিলের ফ্লুটের মধ্য হইতে চিপ্‌স বাহির হইয়া আসে। তাহা না হইলে ফ্লুটে চিপ্‌স আটকাইয়া ড্রিলটি ভাঙ্গিয়া যাইবে।

৮। ড্রিল করিবার সময় ধাতু অনুযায়ী কাটিং কম্পাউণ্ড ব্যবহার করিতে হইবে। ইহাতে ড্রিল অধিক উত্তপ্ত হয় না এবং চিপ্‌স ফ্লুট হইতে বাহির হইয়া আসিতে পারে।

৯। কাষ্ট আয়রণ ড্রিল করিবার সময় কোনরূপ কাটিং কম্পাউণ্ড ব্যবহার করিতে নাই। ইহা শুষ্ক কাটিতে হয়।

১০। ব্রাস (Brass) সাধারণতঃ শুষ্ক কাটা হয়। সময় সময় অবশ্য ব্রাসে ড্রিল বা রিমার চালাইবার সময় তারপিন্ তেল ব্যবহার করা হয়।

১১। বড় সাইজের ড্রিল অনেক সময় টেলষ্টক স্পিণ্ডলের টেপার হোলে ধরা যায় না। তখন ড্রিল হোল্ডার ব্যবহার করিতে হয়। বড় ড্রিল

করিবার সময় ড্রিলের উপর যে মোচড় পড়ে তাহা অনেক সময় টেপার শ্যাঙ্ক সহ্য করিতে পারে না। ইহাতে ড্রিলটি সকেটে বা সকেটটি স্পিণ্ডলের ভিতর ঘুরিয়া যায় এবং টেলষ্টক স্পিণ্ডলের ক্ষতি হইবার সম্ভাবনা থাকে। কিন্তু ড্রিল হোল্ডারটি যাহাতে ঘুরিয়া না যায় তার জন্য ব্যবস্থা থাকায় বড় ড্রিল করিতে সুবিধা হয়।

১২। ড্রিল হোল্ডার ব্যবহারের সময় লক্ষ্য রাখিতে হইবে ড্রিলের টেপার শ্যাঙ্ক এবং ড্রিল হোল্ডারের টেপার হোল যেন এক টেপারবিশিষ্ট হয়।

১৩। ডেড সেণ্টারটি যেন ঠিক সেণ্টারে থাকে।

রিমিং—রিমার সাধারণতঃ দুই প্রকার—(i) হ্যাণ্ড রিমার ও (ii) মেসিন রিমার। যে রিমারের শ্যাঙ্ক ষ্ট্রেট তাহাকে হ্যাণ্ড রিমার ও যে রিমারের শ্যাঙ্ক টেপার তাহাকে মেসিন রিমার বলে। মেসিন রিমার সাধারণতঃ মোর্স টেপার বিশিষ্ট হয়।

১৪৩ নং চিত্র

রিমারের উদ্দেশ্য হইতেছে পূর্বকৃত ড্রিল করা ছিদ্রকে নিখুঁত মাপে আনা এবং ফিনিস ভাল করা।

রিমার চালাইবার সময় নিম্নলিখিতভাবে চালাইতে হইবে—

(১) ধারাল রিমার লইতে হইবে।

(২) টেপার শ্যাঙ্ক সম্পূর্ণ পরিষ্কার থাকিবে। কোনরূপ তেল বা নোংরা থাকিবে না।

(৩) রিমারের টেপার শ্যাঙ্ক টেলষ্টক স্পিণ্ডলের টেপার হোলে সোজাসুজি বা সকেটের সাহায্যে পরাইতে হইবে।

(৪) টেলষ্টক স্পিণ্ডল ঠিক সেণ্টারে আছে কিনা পরীক্ষা করিতে হইবে। না থাকিলে উহাকে সেণ্টারে আনিতে হইবে।

(৫) অল্প একটু রিমার চালাইয়া বোরের মাপ লইতে হইবে। অনেক সময় রিমার ঠিক সেণ্টারে না থাকার জন্য বা ভোঁতা হওয়ার জন্য গর্ত বড় হইয়া যায়।

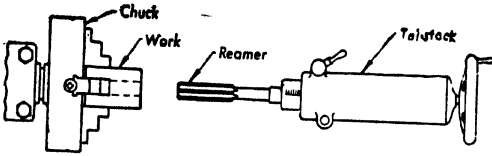
(৬) ষ্টীল কাটিবার সময় কাটিং কম্পাউণ্ড ব্যবহার করিতে হইবে।

(৭) কাষ্ট-আয়রণ কাটিবার সময় কোনরূপ কাটিং কম্পাউণ্ড ব্যবহার হইবে না।

(৮) ড্রিলে কাটিবার সময় যে স্পীডে জব ঘোরান হয়, রিমার চালাইবার সময় তাহা অপেক্ষা আরো ধীরে জব ঘোরাইতে হইবে।

(৯) লম্বা গর্তে রিমার চালাইবার সময় রিমারটি মাঝে মাঝে বাহির করিয়া লইয়া পরিষ্কার করিতে হইবে।

(১০) রিমারটি বাহির করিবার সময় মেসিনটি বন্ধ করিতে হইবে। তাহা না হইলে গর্ত বড় হইয়া যায় এবং গর্তে দাগ পড়ে।

(১১) রিমার করিতে হইলে যে মাপের রিমার চালাইতে হইবে তাহা অপেক্ষা $\frac{1}{64}$ ইঞ্চি ছোট সাইজের ড্রিল চালাইতে হইবে। হ্যাণ্ড রিমারের সময় ·003 হইতে ·005 ইঞ্চি ছোট সাইজের ড্রিল চালাইতে হইবে বা বোরিং করিয়া ঐ মাপে আনিতে হইবে।

১৪৪ নং চিত্র

(১২) হ্যাণ্ডরিমার চালাইবার সময় রিমারের শ্যাঙ্কের পিছনে যে সেণ্টার ড্রিল করা থাকে সেখানে ডেড সেণ্টার লাগাইতে হইবে এবং শ্যাঙ্কের পিছন দিকে যে চারপল ঘাট (Square) করা থাকে সেখানে একটি স্প্যানার লাগাইয়া স্প্যানারটি ক্রশ স্লাইডে ঠেস দিতে হইবে যাহাতে রিমারটি ঘুরিয়া না যায়।

(১৩) জবটি ঘুরিতে থাকিবে এবং টেলষ্টক সাহায্যে রিমারটি ধীরে ধীরে আগাইতে হইবে।

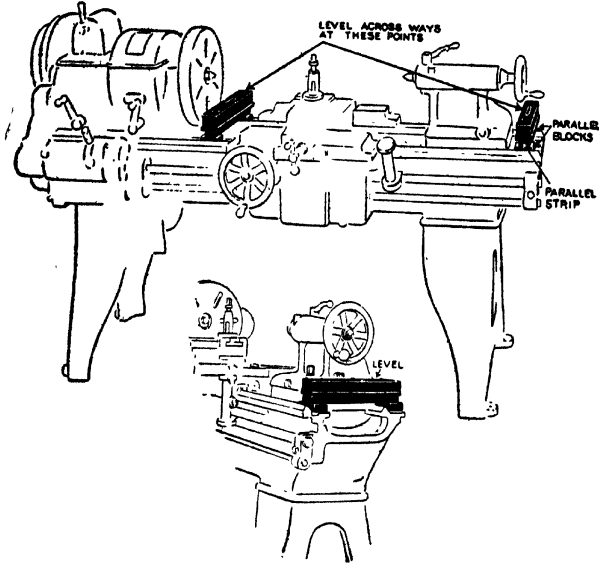
(১৪) রিমারে কখনও চাপ বেশী দিতে নাই। তাহাতে রিমার ভাঙ্গিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে।

দ্বাদশ অধ্যায়

লেদ মেসিন কিরূপে বসাইতে হয়

লেদ মেসিন বসাইবার স্থান নির্বাচনের সময় লক্ষ্য রাখিতে হইবে যেখানে লেদ মেসিন বসান হইবে সেখানে যেন প্রচুর সূর্যের আলো ঢোকে এবং জায়গাটি যেন অপেক্ষাকৃত শুষ্ক হয়, যাহাতে মেসিনে মরিচা না পড়ে। যদি সূর্যের আলো ঢোকে এরূপ স্থান পাওয়া না যায়, ইলেক্ট্রিক আলোর ব্যবস্থা ভাল রকম করিতে হইবে।

লেদ যে প্যাকিং বাক্স করিয়া আসে তাহা খুলিয়া ফেলিতে হইবে। কিন্তু লেদের পায়ার সঙ্গে বোল্ট দ্বারা যে কাঠের তক্তাটি আ াটা থাকে, তাহা এই সময় খোলা হইবে না।

ক্রেনের ব্যবস্থা না থাকিলে মেসিনের তলায় দুইটি রড দিয়া উহাকে গড়াইয়া মেসিন যেখানে বসিবে সেখানে লইয়া যাইতে হইবে।

১৪৫ নং চিত্র

মেসিন যেখানে বসিবে সেই জায়গা সম্পূর্ণ নিরেট এবং খুব দৃঢ় হওয়া প্রয়োজন। জমি যদি নরম হয় তাহা হইলে মেসিনের লেভেল (Level) এবং মিল (Alignment) নষ্ট হইয়া যায়। ফলে মেসিন হইতে নিখুঁত কাজ পাওয়া সম্ভব হয় না। সুতরাং মেসিনের দৃঢ় ভিত্তি সবিশেষ প্রয়োজন।

মেসিনটি যেখানে বসিবে সেখানে পৌছাইলে, যে বোল্টগুলি তলার তক্তাটিকে পায়ার সহিত আটকাইয়া রাখিয়াছে সেগুলি খুলিয়া ফেলিতে হইবে এবং মেসিনটি যাহাতে উল্টাইয়া না যায় সেদিকে সতর্ক দৃষ্টি রাখিয়া তলার তক্তাটি বাহির করিয়া লইতে হইবে।

ছেঁড়া ন্যাকড়া বা জুট কেরোসিন তেলে ভিজাইয়া মেসিনের গায়ে তৈলাক্ত পদার্থের যে আবরণ থাকে তাহা তুলিয়া ফেলিতে হইবে।

ইহার পর লেদটির নিখুঁতভাবে লেভেল ঠিক করিতে হইবে। ইহা যে কতটা প্রয়োজনীয় তাহা অনেকেই উপলব্ধি করিতে পারেন না। লেদ বেড যতই মোটা হউক না কেন, অসমতল জায়গায় বসাইলে উহা বিকৃত হইবে এবং মেসিন নির্মাতার মেসিনটিকে নিখুঁত করিবার সমস্ত প্রয়াস বিফল হইবে।

মেসিনটি লেভেল করিবার জন্য প্রথমে প্রিসিসন গ্রাউণ্ড বাস্ব লেভেল সংগ্রহ করিতে হইবে। সাধারণ স্পিরিট লেভেল বা কম্বিনেসন স্কোয়্যার লেভেলের ইহা কাজ নহে। শক্ত কাঠ-এর (Hard wood) পাত্‌লা পাত্‌লা টুক্‌রা পায়াগুলির তলায় দিয়া মেসিনটি লেভেল করিতে হইবে এবং ১৪৫নং চিত্রের ন্যায় একবার হেডষ্টকের সামনে এবং একবার টেলষ্টকের পিছনে, বেডের সম্মুখের ও পশ্চাতের পথের (ways) উপরে সমান্তরাল ব্লক বসাইয়া তাহার উপর লেভেলটি রাখিয়া মেসিনের লেভেল ঠিক হইল কিনা পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে। এইভাবে যতক্ষণ না লেভেল ঠিক হয় মেসিনের লেভেল ঠিক করিতে হইবে।

মেসিনের লেভেল ঠিক হইলে যে বোল্টগুলি পূর্বেই পায়ার গর্তের মধ্য দিয়া ঢোকাইয়া রাখা হইয়াছে তদ্বারা টাইট দিতে হইবে। এখানে স্মরণ রাখা দরকার বোল্টগুলি বেশী জোরে টাইট দেওয়া উচিত নহে। ইহাতে লেভেল পুনরায় নষ্ট হইয়া যাইতে পারে। কেবলমাত্র মেসিনটি যাহাতে সরিয়া না যায় তজ্জন্য যেটুকু প্রয়োজন টাইট দিতে হইবে।

কংক্রীট ভিতের উপর মেসিন বসাইলেও মেসিনের পায়া কখনও কংক্রীট করিতে নাই। কারণ মেসিনের লেভেল মাঝে মাঝে ঠিক করিতে হয়।

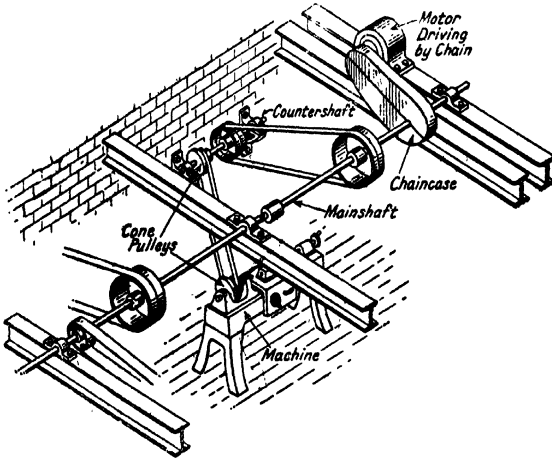
ত্রয়োদশ অধ্যায়

শক্তি সঞ্চলন

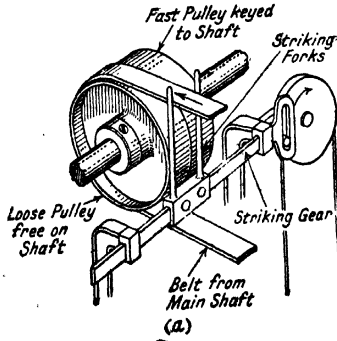
(Transmission of Power)

কোন মেসিন হইতে কাজ পাইতে হইলে প্রায় সর্বক্ষেত্রেই মেসিনে প্রথম একটি আবর্তন (Rotational) গতি দিতে হয়। তাহার পর বিভিন্ন মেসিনের অভ্যন্তরস্থ বিভিন্ন যান্ত্রিক ব্যবস্থা দ্বারা সেই গতিকে কাজ অনুযায়ী

বিভিন্ন গতিতে [যেমন সেপিং এবং প্লেনিং মেসিনের অগ্রপশ্চাৎ (Reciprocating) গতি, লেদ ক্যারেজের লম্বালম্বি (Longitudinal) গতি ইত্যাদি] রূপান্তরিত করা হয়। এই প্রাথমিক গতি (Motion) মেসিনে কিরূপে দেওয়া হয় তাহা জানা প্রয়োজন।

বর্তমানে প্রায় সমস্ত মেসিনের সহিত একটি ইলেকট্রিক মোটর থাকে এবং এই মোটর বেল্ট, চেন, গিয়ার বা সোজাসুজি কাপলিং (Coupling) দ্বারা মেসিনের আবর্তন গতি (Rotational Motion) দেয়। কিন্তু পূর্বে একটি মোটর দ্বারা অনেকগুলি মেসিন চালান হইত। মেসিনে সর্বপ্রথম

১৪৬ নং চিত্র

গতি কিরূপে দেওয়া হইত তাহা ১৪৬ নং চিত্রে দেখান হইয়াছে। এই পদ্ধতিতে মোটরের সহিত মেন সাফ্‌ট পুলিকে চেন বা বেল্ট দ্বারা যুক্ত করিয়া প্রথম মেন সাফ্‌টকে (Main Shaft) ঘোরান হয়। তাহার পর বেল্ট দ্বারা মেন সাফ্‌ট হইতে কাউণ্টার-সাফ্‌ট (Counter Shaft) ও কাউণ্টার-সাফ্‌ট হইতে মেসিনকে ঘোরান হয়। কিরূপে কাউণ্টার সাফ্‌ট হইতে মেসিন চালান হয় তাহা ১৪৭ নং চিত্রে দেখান হইয়াছে। কাউণ্টার সাফ্‌টে একটি ফাষ্ট বা ফিক্সড পুলি (Fast or Fixed Pulley), একটি লুজ পুলি (Loose Pulley) এবং একটি ষ্টেপ-কোণ পুলি (Step Cone Pulley) থাকে। ফাষ্ট পুলি

এবং ষ্টেপ-কোণ পুলি কাউণ্টার-সাফ্‌টের সহিত চাবিদ্বারা আঁটা থাকে আর লুজ পুলি কাউণ্টার-সাফ্‌টের সহিত কোনরূপ ভাবে আঁটা থাকে না। মেসিন যখন বন্ধ থাকে তখন মেন সাফ্‌ট পুলির সহিত লুজ পুলি বেল্টদ্বারা যুক্ত থাকে, ফলে লুজ পুলিটি ঘুরিতে থাকে। কিন্তু লুজ পুলি কাউণ্টার-সাফ্‌টের উপর আলগাভাবে থাকায় লুজ পুলি ঘুরিলে কাউণ্টার-সাফ্‌ট ঘোরে না। যখন মেসিন চালাইবার দরকার হয় তখন ষ্ট্রাইকিং গিয়ার হইতে যে চেনটি নামিয়া আসে তাহাকে একদিকে টানিলে ষ্ট্রাইকিং ফর্কটি সরিয়া যায়, ফলে বেল্টটি লুজ পুলি হইতে ফাষ্ট পুলিতে চলিয়া যায়। তখন ফাষ্ট পুলিটি ঘুরিতে আরম্ভ করে এবং ফাষ্ট পুলির সহিত কাউণ্টার-সাফ্‌ট চাবি দ্বারা আঁটা থাকায় কাউণ্টার-সাফ্‌ট এবং কাউণ্টার-সাফ্‌টের সহিত কোণ-পুলি আঁটা থাকায়

১৪৭ নং চিত্র

কোণ-পুলি ঘুরিতে আরম্ভ করে। কাউণ্টার সাফ্‌ট কোণ-পুলির একটি ধাপের সহিত মেসিন কোণ-পুলির একটি ধাপ বেল্টদ্বারা বরাবর যুক্ত থাকে, ফলে মেসিনের কোণ-পুলি ঘুরিতে আরম্ভ করে।

চতুর্দ্দশ অধ্যায়

টারেট লেদ (Turret Lathe) ও ক্যাপ্‌স্‌টন লেদ

দ্রুত উৎপাদনের উদ্দেশ্যে ইঞ্জিন লেদের সামান্য পরিবর্তন করিয়া টারেট লেদ নির্মিত হইয়াছে। এইপ্রকার মেসিনের এরূপ নামকরণের কারণ হইতেছে এই মেসিনের টেলষ্টকের স্থলে একাধিক পার্শ্ববিশিষ্ট টারেট (Turret) অর্থাৎ

গম্বুজ আকৃতির এক প্রকার টুলপোষ্ট থাকে। টুলপোষ্টটি একটি খাড়াই পিনকে কেন্দ্র করিয়া ঘোরাইয়া বিভিন্ন অবস্থানে বাঁধা যায়। টারেট সাধারণতঃ চার হইতে আট পার্শ্ব বিশিষ্ট হয়, কিন্তু ছয় পার্শ্ববিশিষ্ট টারেটই সর্বাধিক প্রচলিত।

এই প্রকার মেসিন চালাইবার পদ্ধতি মোটামুটিভাবে ইঞ্জিন লেদেরই ন্যায়। কেবলমাত্র অধিক উৎপাদনের উদ্দেশ্যে এই প্রকার মেসিনে কিছু অতিরিক্ত ব্যবস্থা ও অ্যাটাচ্‌মেণ্ট আছে।

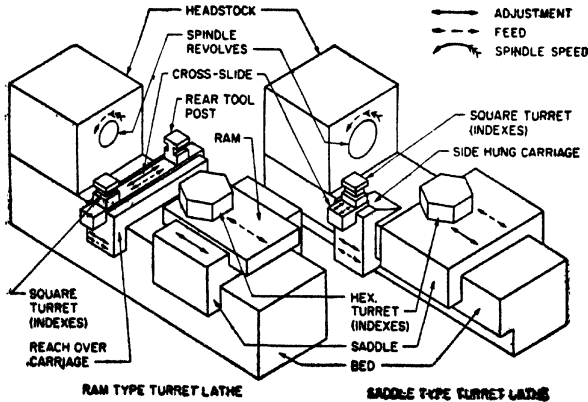
টারেট লেদের শ্রেণীবিভাগ ঃ—ডিজাইনের দিক হইতে টারেট লেদের নিম্নলিখিত শ্রেণীবিভাগ করা হয়—

(ক) **হোরাইজনটাল** (Horizontal)—
- র‍্যাম টাইপ (Ram Type) (ইহাকেই ক্যাপ্‌স্টন বলে)
- স্যাড্‌ল টাইপ (Saddle Type)

(খ) **ভার্টিকাল** (Vertical)—
- সিঙ্গল ষ্টেশন (Single Station)
- মাল্টি ষ্টেশন (Multi Station)

(গ) **অটোমেটিক** (Automatic)

কতকগুলি বিশেষ বৈশিষ্ট্য—যেমন, মেসিনটি ঘোরাইবার (Drive) রীতি, মেসিনের ক্যাপাসিটি অর্থাৎ ধারণ-ক্ষমতা, টুল স্লাইডের সংখ্যা ও ব্যবস্থা, মেসিনটি বার (Bar)-এর কাজ না চাকের কাজের জন্য নির্মিত প্রভৃতির উল্লেখ করিয়া উপরিউক্ত শ্রেণীবিভাগকে আরো উপ-বিভাগে বিভক্ত করা যায়।

১৪৮ নং চিত্র

হোরাইজনটাল টারেট লেদ—টারেট লেদ বলিতে সাধারণতঃ হোরাইজন্‌টাল-টারেট লেদকেই বোঝায়। কতকগুলি টারেট লেদ, বার (Bar) অর্থাৎ রড হইতে বস্তু নির্মাণের জন্য বিশেষভাবে নির্মিত। এগুলিকে **বার টাইপ মেসিন বলে।**

এই প্রকারের মেসিনকে, বিশেষ করিয়া এই প্রকারের ছোট মাপের মেসিন গুলিকে স্ক্রু মেসিন বা হ্যাণ্ড স্ক্রু মেসিন বলে। যে মেসিন চাকে বস্তু ধরিয়া কাটিবার জন্য বিশেষভাবে নির্মিত তাহাকে চাক টাইপ মেসিন বলে। এই দুই প্রকার মেসিনের আকৃতি ও ডিজাইন একই রকম। কেবলমাত্র তফাৎ এই যে চাক টাইপ মেসিন বার টাইপ মেসিন অপেক্ষা অনেক বেশী দৃঢ় করিয়া নির্মিত। কারণ, অধিকাংশ সময় বার টার্ণিং টুল জবকে সাপোর্ট দেয় কিন্তু চাকিং টুল ঝোলে এবং জবকে সাপোর্ট দেয় না।

উপরিউক্ত উভয় প্রকার টারেট লেদকেই র‍্যাম ও স্যাড্‌ল এই দুই টাইপে বিভক্ত করা যায়।

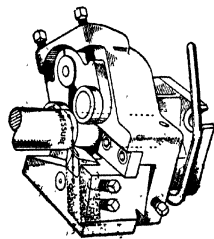
র‍্যাম টাইপ টারেট লেদ বা ক্যাপ্‌স্টন লেদ—এই প্রকার লেদে ১৪৮ নং চিত্রের ন্যায় টারেটটি একটি র‍্যামের উপর অবস্থিত থাকে। র‍্যামটি লম্বালম্বিদিকে একটি স্যাড্‌লের উপর যাতায়াত করে এবং স্যাড্‌লটি বেডের উপর ইচ্ছামত জায়গায় আটকাইয়া (Lock) রাখা যায়। টারেটের বিভিন্ন পার্শ্বে যে টুল আটকাইবার জায়গা (Tool Holder) আছে তাহাতে টুল বাঁধা হয় এবং র‍্যামটিকে বাঁ দিকে চালনা করিয়া হেডষ্টকের দিকের টুল দ্বারা বস্তু কাটা হয়। যখন র‍্যামটিকে ফিরাইয়া আনা হয় টারেটটি ঘুরিয়া যায় এবং পরের পার্শ্বটি যাহাকে ইংরাজীতে ষ্টেশন (Station) বলা হয়, হেডষ্টকের দিকে আসে।

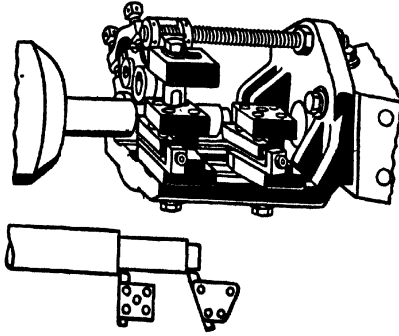
র‍্যাম স্যাড্‌ল অপেক্ষা হাল্কা এবং সহজে দ্রুততর চালনা করা যায়। কিন্তু ইহা অপেক্ষাকৃত কম দৃঢ়। সেইজন্য র‍্যাম টাইপ মেসিন ছোট এবং মাঝারি ধরণের কাজ, যেখানে র‍্যাম বেশী ঝুলিবে না, সেইরূপ কাজের জন্য সুপারিশ করা হয়।

ইলেকট্রিক হেড ও অলগিয়ার হেড এই দুই ধরনের হেডষ্টক থাকে। ইলেকট্রিক হেডে একাধিক স্পীডবিশিষ্ট ইলেকট্রিক মোটর সোজাসুজি স্পিণ্ডলকে

(সর্বাধিক) প্রতি মিনিটে তিন হাজার পাক পর্যন্ত ঘোরায়। অলগিয়ার হেডে প্রিসিলেক্টর (Pre-selector) অর্থাৎ পূর্ব হইতে নির্বাচন করিবার ডায়াল এবং লিভার থাকে। ইহার ফলে মেসিন চালক একটি কোপ চলিতে চলিতে পরের কোপের মেসিন স্পীড নির্বাচন করিয়া রাখিতে পারেন। কোপটি শেষ হইবা মাত্র মেসিন চালক মেসিনটি চালু করিবার লিভারটি ঠেলিয়া দেন এবং তৎক্ষণাৎ স্পীড পরিবর্তিত হয়। সাধারণতঃ ছয় হইতে বারটি স্পিণ্ডল স্পীড এই প্রকার মেসিনে দেওয়া যায়।

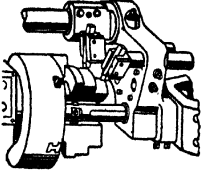
র‍্যাম টাইপ টারেট লেদের ক্যারেজ হেডষ্টক ও স্যাড্‌লের মধ্যে বেডের সম্পূর্ণ প্রস্থ জুড়িয়া সেতুর (Birdge) ন্যায় বিস্তৃত থাকে। ইহাকে ব্রিজ টাইপ ক্যারেজ বলে। ক্যারেজের উপর ক্রশ স্লাইড অবস্থিত এবং উহার উপর সম্মুখদিকে চারিটি টুল বাঁধিবার উপযুক্ত এবং হাতে ঘোরান যায় এরূপ চৌকা আকৃতির টুলপোষ্ট (Four Station Turret Tool Holder) থাকে এবং পিছনের দিকে এক বা একাধিক টুল বাঁধিবার টুল হোল্ডার (Tool Holder) থাকে।

প্লেন ক্রশ স্লাইড সম্পূর্ণ হস্ত চালিত কিন্তু ইউনিভার্সাল (Universal) ক্রশ স্লাইড স্বয়ংক্রিয়ভাবে চালনা করা যায় এবং শেষোক্তটিই অধিক প্রচলিত। ক্রশফিড স্ক্রু ও মাইক্রোমিটার ডায়াল সাহায্যে ক্রশ স্লাইডকে আড়াআড়ি দিকে নিখুঁতভাবে নির্দিষ্ট পরিমাণ চালনা করা যায়। ক্রশ স্লাইডকে হাতে চালনা করা হোক বা স্বয়ংক্রিয়ভাবে চালনা করা হোক উহার স্কোয়্যার টারেটে অবস্থিত প্রতিটি টুলকে নির্দিষ্ট জায়গায় থামাইবার জন্য যথাক্রমে পজিটিভ ষ্টপ অর্থাৎ; সোজা-সুজি থামাইবার ব্যবস্থা এবং ফিড ট্রিপ অর্থাৎ স্বয়ংক্রিয়ভাবে ক্রশ স্লাইডকে চালাইবার লিভারটি যাহাতে উঠিয়া যায় তাহার ব্যবস্থা থাকে। ক্যারেজের এবং র‍্যামের প্রতিটি টুল যাহাতে লম্বালম্বি দিকে নির্দিষ্ট জায়গায় আসিয়া থামিয়া যায় তাহারও ব্যবস্থা থাকে। ফলে, একটি বস্তু কাটিয়া মেসিনটি একবার

১৪৯ নং চিত্র—বার টার্ণার। ইহাতে এক জোড়া রোলার টার্ণিং করা অংশকে সাপোর্ট দেয়।

সেট করা হইলে, ঐ প্রকারের পরের বস্তুগুলি কাটিবার সময় আর প্রতিবার মাপ লইতে হয় না এবং প্রতিটি বস্তু ঠিক প্রথমটির ন্যায় হয়।

১৫০ নং চিত্র—মাল্‌টিপ্‌ল বার টার্ণার। ইহাতে একজোড়া রোলার টার্ণিং করা অংশকে সাপোর্ট দিতেছে ও দুইটি বাটালি মালটিকে কাটিতেছে। এই প্রকার ব্যবস্থায় ইচ্ছা করিলে প্রতি টুল ব্লকে দুইটি করিয়া বাটালি বসাইয়া একসঙ্গে চারিটি বাটালি ব্যবহার করা চলে।

স্যাড্‌ল টাইপ টারেট লেদ—স্যাড্‌ল টাইপ টারেট লেদে টারেটটি সোজাসুজি স্যাড্‌লের উপর বসান থাকে এবং স্যাড্‌লটি বেডের উপর লম্বালম্বি দিকে যাতায়াত করে। এই ডিজাইন বড় টারেট লেদের পক্ষে ভাল। কারণ, ইহা টুলকে ভালভাবে সাপোর্ট দেয় এবং প্রয়োজনমত টুলকে লম্বালম্বি দিকে র‍্যাম টাইপ মেসিন অপেক্ষা অনেক বেশী দূরত্বে চালনা করা যায়। বস্তু কাটিবার জন্য স্যাড্‌লকে হাতে বা যন্ত্র-শক্তিতে (Power) হেডষ্টকের দিকে চালনা করা যায় এবং স্যাড্‌লটি যখন ফিরাইয়া আনা হয়, টারেটটি আপনা হইতে ঘুরিয়া যায় এবং পরের টুলটি হেডষ্টকের সামনে আসিয়া দাঁড়ায়।

কোন কোন মেসিনে স্যাড্‌লের কেন্দ্রে টারেটটি বসান থাকে আবার কোন মেসিনে টারেটটিকে আড়াআড়ি দিকে চালনা করা যায়। ইহার ফলে বড় ব্যাসের বস্তুকে কাটিবার সময় টুল বেশী ঝোলে না এবং টেপার বা ফর্ম টার্ণিং ও বোরিং করিতে সুবিধা হয়।

অধিকাংশ স্যাড্‌ল টাইপ মেসিনে সাইড হাং টাইপ (Side hung type) অর্থাৎ ঝুলান পার্শ্ববিশিষ্ট ক্যারেজ থাকে। এই প্রকার ক্যারেজের এক পার্শ্ব বেডের সম্মুখের স্লাইডে বসান থাকে এবং অপর পার্শ্ব পিছনের স্লাইড পর্যন্ত না পৌছাইয়া ঝুলিতে থাকে।

১৫১ নং চিত্র—মাল্‌টিপ্‌ল টার্ণার হেড। ইহার সাহায্যে একই সঙ্গে বোরিং ও বিভিন্ন ব্যাস টার্ণিং করা চলে।

ইহার ফলে বৃহত্তর ব্যাসের বস্তু মেসিনে ঘোরান সম্ভব হয় কিন্তু ক্রশ স্লাইডের পিছনে অবস্থিত টুল পোষ্টটি আর থাকে না।

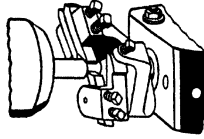
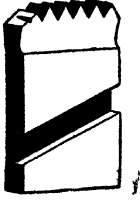
ক্রশ স্লাইড এবং ক্যারেজ, উভয়কেই হাতে বা যান্ত্রিক শক্তিতে চালনা করা যায়। ক্রশ ফিড স্ক্রু এবং মাইক্রোমিটার ডায়াল সাহায্যে ক্রশ স্লাইডকে নিখুঁতভাবে ইচ্ছামত দূরত্বে সরান যায়। ক্যারেজ এবং টারেটের সব কয়টি টুলের লম্বালম্বি দিকের দৌড় থামাইবার জন্য ষ্টপ-এর (Stop) ব্যবস্থা আছে।

১৫২ নং চিত্র—স্লাইড্‌ টুল হোল্ডার। বোরিং টুল সমেত স্লাইডটি হাণ্ড হুইল সাহায্যে সরাইয়া ইহা দ্বারা ছোট হইতে অনেক বড় পর্যন্ত বোর (Bore) করা চলে।

ইঞ্জিন লেদ ও টারেট লেদের মধ্যে পার্থক্য—এই দুই মেসিনের প্রধান পার্থক্য হইতেছে যে, টারেট লেদ প্রডাক্‌সন কাজের পক্ষে উপযুক্ত আর ইঞ্জিন লেদ নানা আকার এবং প্রকারের অল্প সংখ্যক কাজের পক্ষে উপযুক্ত। যে সকল বৈশিষ্ট থাকার জন্য টারেট লেদ দ্রুত উৎপাদন (Production) মেসিনে পরিণত হইয়াছে সেগুলি হইতেছে—

১। পর পর টুলগুলি যে ভাবে ব্যবহৃত হইবে, টারেটে টুলগুলি পরপর সেইভাবে সেট করিয়া রাখা যায়।

২। প্রত্যেকটি টুলের জন্য ষ্টপ (Stop) বা ফিড ট্রিপের (Feed Trip) ব্যবস্থা আছে। ফলে, প্রত্যেকটি জব ঠিক পূর্ববর্তী জবের ন্যায় কাটা হয়।

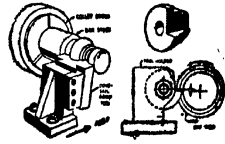
৩। ক্রশ স্লাইডের এবং টারেটের টুলকে একই সঙ্গে চালনা করা যায়।
৪। টুল এবং জবকে অত্যন্ত দৃঢ়ভাবে ধরিবার ব্যবস্থা এই মেসিনে আছে।

১৫৪ নং চিত্র—থ্রেড কাটিং চেজার। সেল্‌ফ ওপ্‌নিং (আপনা হইতে খুলিয়া যায় এরূপ) ডাই হেডে এই প্রকারের চেজার পরাইয়া থ্রেড কাটা হয়।

১৫৩ নং চিত্র—প্লেন বার টার্ণার। একটি ভি (V) আকৃতির ব্লক জবটিকে সাপোর্ট দিতেছে।

টারেট লেদের কাজ।

টার্ণিং—বার টার্ণারে একটি কাটার বাঁধা হয় এবং উহার কাটারের (Bar Turner Cutter) কেবল মাত্র ফেস (Face) অর্থাৎ মাথা (Top) গ্রাইণ্ডিং করা হয়। কাটারটিকে ভার্টিকাল (Vertical) অর্থাৎ উলম্বতলে কোপের দিকে ও বস্তুর কেন্দ্রের দিকে হেলাইয়া বাঁধিয়া কাটিং অ্যাঙ্গল দেওয়া হয়।

মাল্‌টিপ্‌ল্‌ কাটার বার টার্ণার অর্থাৎ একাধিক বাটালিবিশিষ্ট বার টার্ণারে কাটার হোরাইজন্‌টাল অর্থাৎ অনুভূমিক তলে বাঁধা হয় ও গ্রাইণ্ডিং করিবার সময় সাইড ক্লিয়ারেন্স ও লিপ-অ্যাঙ্গল দেওয়া হয়।

১৫৫ নং চিত্র—ফর্মটুল। দুই প্রকারের ফর্মটুল ব্যবহার হয়। বাম দিকের টুলটিকে তাহার পিছনদিকের আকৃতির জন্য ডভটেল ফর্মটুল বলে। ডানদিকের টুলটিকে সার্কুলার (গোলাকৃতি) ফর্মটুল বলে।

রোল্‌স (Rolls)—বার টুল হোল্ডারের রোল, পূর্বে মেসিন করা রড টার্ণিং-এর সময়, বাটালির আগে বা পিছনে বাঁধা যায়; তবে বাটালির পিছনে বাঁধার সুবিধা এই যে, ইহার ফলে জবের ফিনিস খুব মসৃণ ও নিখুঁত হয়। কিন্তু রড যদি রাফ হয় তাহা হইলে রোল সকল সময় বাটালির পিছনে সেট করিতে হইবে। উচ্চশ্রেণীর ফিনিস পাইতে হইলে নিম্নলিখিত তিনটি বিষয় লক্ষ্য রাখিতে হইবে—

১। রোলসকলের (Rolls) ফেস অর্থাৎ উপরের পৃষ্ঠ এক রেখায় থাকিবে।

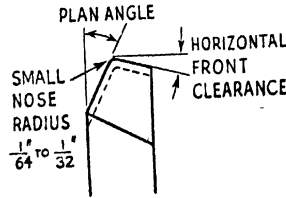
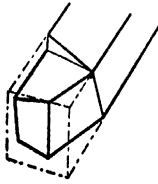
২। রোল সকলের যে পার্শ্ব আগে মালের সংস্পর্শে আসে সেই পার্শ্ব নিখুঁত গোল এবং সম্পূর্ণ এক রকম হওয়া দরকার।

৩। রোল সকলের য়েণ্ড প্লে (End play) অর্থাৎ পার্শ্বের দিকের নড়া 002 হইতে ·003 ইঞ্চির বেশী হইবে না।

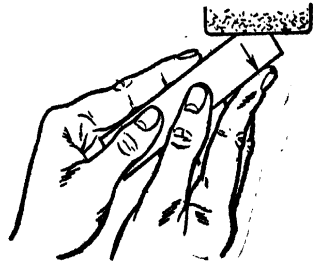
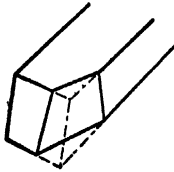
বাটালি শান দিবার পদ্ধতি

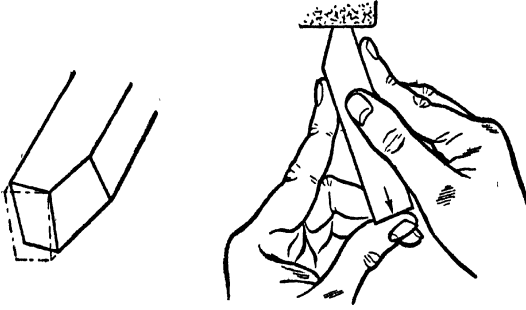
(Grinding the cutting tool)

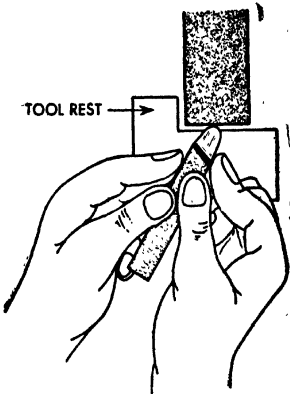
১। বাটালি শান দিবার সময় সর্বদা চোখে গগ্‌ল্‌স (Goggles) পড়িতে হয়, যাহাতে গ্রাইণ্ডিং হুইলের কণা চোখে লাগিয়া চোখের ক্ষতি করিতে না পারে।

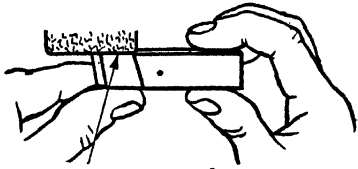
২। বাটালি শানিবার পুর্বে ড্রেসার (Dresser) দিয়া প্রথমে গ্রাইণ্ডিং

১৫৬ নং চিত্র

হুইল ভালভাবে ড্রেস করিতে হয়, যাহাতে গ্রাইণ্ডিং হুইল এবড়োখেবড়ো ও তেলা না থাকে।

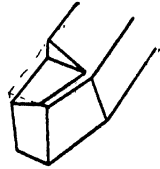
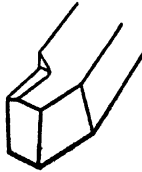
৩। ১৫৬ নং চিত্রের ন্যায় একটি প্লেন টার্ণিং টুল গ্রাইণ্ড করিতে হইলে বাটালিটিকে ১৫৭ নং চিত্রের ন্যায় ধরিয়া প্রথমে বাঁপাশ গ্রাইণ্ড করিয়া প্ল্যান

১৫৭ নং চিত্র

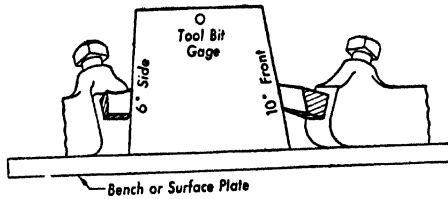
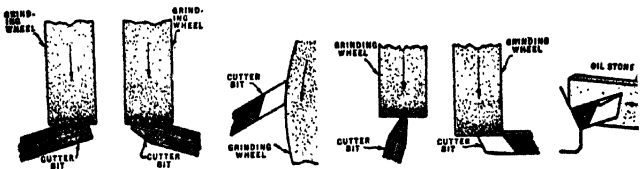
অ্যাঙ্গল ও সাইড ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল আনিতে হইবে। গ্রাইণ্ডিং প্রথমে তলার দিক হইতে শুরু করিয়া ক্রমশঃ উপর দিকে আনিতে হইবে। গ্রাইণ্ডিং-এর সময় ডান হাতের তর্জনী দ্বারা বাটালিটি গ্রাইণ্ডিং হুইলের সহিত কোথায় ও কিভাবে ঠেকিয়া আছে অনুভব করিতে হইবে এবং সেই অনুসারে বাটালিটি চালাইতে হইবে। বাটালিটি শক্ত করিয়া ডান হাতে

১৫৮ নং চিত্র

ধরিতে হইবে ও বাঁহাতে বাটালিটির গতি নিয়ন্ত্রিত করিতে হইবে এবং ডান হাতের তর্জনী দ্বারা গ্রাইণ্ডিং-এর জন্য ঠিকমত চাপ (Grinding Pressure) দিতে হইবে। টুল রেষ্টের উপর বাটালি রাখিয়া কখনও গ্রাইণ্ডিং করিতে নাই। হাত টুল রেষ্টের উপর রাখিতে হয় যাহাতে বাটালিটি ঠিকমত চালনা করা যায়।

১৫৯ নং চিত্র

৪। ইহার পর ১৫৮নং চিত্রের ন্যায় বাটালিটি ধরিয়া ঠিক পূর্বের ন্যায় ফ্রন্ট রিলিভ (Front Relieve) বা হোরাইজন্‌টাল ফ্রন্ট ক্লিয়ারেন্স (Horizontal Front Clearance) অ্যাঙ্গল ও ফ্রন্ট ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল একসাথে গ্রাইণ্ডিং করিতে হইবে। তবে এক্ষেত্রে বাঁ হাতের বুড়ো আঙ্গুল দ্বারা বাটালিটিকে গ্রাইণ্ডিং হুইলের গায়ে চাপিয়া ধরিতে হইবে ও কিভাবে গ্রাইণ্ডিং হইতেছে তাহা অনুভব করিতে হইবে।

১৬০ নং চিত্র

৫। ১৫৯নং চিত্রের ন্যায় বাটালিটি ধরিয়া বাটালিটির মুখে (Nose) সামান্য রেডিয়াস্ (Radius) দিয়া লইতে হয়।

৬। ১৬০নং চিত্রের ন্যায় ধরিয়া টপ ব্যাকরেক ও টপ সাইডরেক দিতে হয়। ইহা ক্রমান্বয়ে কিরূপে করিতে হইবে তাহা ১৬১নং চিত্র লক্ষ্য করিলে বুঝিতে পারা যাইবে।

১৬১ নং চিত্র

৭। ১৬৩নং চিত্রের ন্যায় অয়েল ষ্টোন (Oil Stone) দ্বারা বাটালির কাটিং-এজ সামান্য ঘসিয়া দিতে হইবে।

১৬২ নং চিত্র—টুল বিট গেজ

১৬৩ নং চিত্র

৮। কিরূপ কাজে কিরূপ গ্রাইণ্ডিং হুইল ব্যবহার করা হয় তাহার একটি মোটামুটি ধারণা পরের পৃষ্ঠায় দেওয়া হইল—

হাল্কা রাফ কাজে— A — 36 — O — 5 — B

হাল্কা ফিনিস কাজে— A — 60 — N — 5 — B

ভারী রাফ কাজে— A — 30 — O — 5 — B

৯। টুল গ্রাইণ্ডিং ঠিক হইল কিনা ১৬২নং চিত্রের ন্যায় দেখিতে টুল বিট গেজ (Tool Bit Gauge) দ্বারা পরীক্ষা করা যায়।

১৬৩নং চিত্রে টুল হোল্ডারের একটি প্লেন টার্ণিং টুল বিট কিরূপে শানিতে হয় তাহা দেখান হইয়াছে।

কার্‌বাইড টিপ্‌ড টুল গ্রাইণ্ডিং

কার্‌বাইড টিপ্‌ড টুল সবুজ রংয়ের সিলিকন কার্‌বাইডের গ্রাইণ্ডিং হুইলে কোনরূপ কুলাণ্ট বা জল না দিয়া শুষ্ক অবস্থায় গ্রাইণ্ডিং করা হয়। খুব পর্যাপ্ত পরিমাণ কুলাণ্ট দিয়া গ্রাইণ্ডিং করিলে কোন ক্ষতি হয় না। কিন্তু সাধারণতঃ অত পর্যাপ্ত কুলাণ্ট দেওয়া যায় না। ফলে কম ও অনিয়মিত ভাবে বাটালির মুখে কুলাণ্ট পড়ায় বাটালিটি বারে বারে গরম ও ঠাণ্ডা হইতে থাকে ও বাটালিটি ক্র্যাক্ (Crack) হইয়া অর্থাৎ চিড় খাইয়া যায়।

ডায়মণ্ড হুইলেও কার্‌বাইড টুল শানা যায়। তবে ডায়মণ্ড হুইলে শানিবার সময় কুলাণ্ট ব্যবহার করিতে হইবে।

কার্‌বাইড টুল সব সময় একটা সেট বা যোগানের উপর রাখিয়া শানা হয়। ঐ যোগানটি গ্রাইণ্ডিং মেসিনের সহিত এরূপভাবে লাগান থাকে যে উহাকে যে কোন কোণে বাঁধা চলে।

কার্‌বাইড টুল শানিতে হইলে প্রথমে রাফ গ্রাইণ্ডিং তারপর ফিনিস গ্রাইণ্ডিং ও শেষে ল্যাপিং করিয়া ফিনিস্ করিতে হয়।

কার্‌বাইড টুল কিরূপে শানিতে হয় তাহা নিম্নে বর্ণনা করা হইল,—

রাফ গ্রাইণ্ডিং (60 গ্রিট সিলিকন কার্‌বাইড ষ্ট্রেট হুইল ব্যবহার করিতে হইবে)

১। কাটিং-এজের নিকট $\frac{1}{32}$ ইঞ্চি আন্দাজ ল্যাণ্ড (Land) ছাড়িয়া রাখিয়া প্রথমে বাটালির টপ অর্থাৎ উপরদিক গ্রাইণ্ডিং করিতে হইবে।

২। কাটিং-এজের নিকট $\frac{1}{32}$ ইঞ্চি আন্দাজ ল্যাণ্ড (Land) ছাড়িয়া রাখিয়া ঈপ্সিত ফ্রণ্টরিলিভ ও ফ্রণ্টক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল অপেক্ষা 4 ডিগ্রী বেশী ফ্রণ্টরিলিভ ও ফ্রণ্টক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল গ্রাইণ্ড করিতে হইবে।

৩। ঠিক ২-এর ন্যায় সাইড ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল গ্রাইণ্ড করিতে হইবে।

ফিনিস গ্রাইণ্ডিং (100 গ্রিট সিলিকন কার্বাইড বা 100 গ্রিট ডায়মণ্ড হুইল)

৪। টেবিল রেষ্টটি অর্থাৎ যোগানটি ঈপ্সিত কোণে বাঁধিয়া টপ ফ্রণ্ট ও টপ সাইড রেক গ্রাইণ্ডিং করিতে হইবে।

৫। টুলটি ষ্টীল কাটিবার উদ্দেশ্যে তৈয়ারী হইলে এই সময় চিপ ব্রেকার (Chip Breaker) গ্রাইণ্ড করিতে হইবে।

৬। টেবিল রেষ্টটি ঈপ্সিত কোণে বাঁধিয়া যথাক্রমে ফ্রণ্ট ক্লিয়ারেন্স ও সাইড ক্লিয়ারেন্স অ্যাঙ্গল গ্রাইণ্ড করিতে হইবে।

ল্যাপিং (Lapping) (220 গ্রিটের সিলিকন কার্বাইড বা 220 গ্রিটের ডায়মণ্ড হুইল ব্যবহার করিতে হইবে)

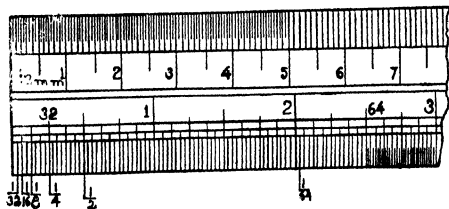
৭। ঠিক ফিনিস গ্রাইণ্ডিং-এর ন্যায় এবং ক্রমে করিতে হইবে। কেবল হুইলটি বদল করিতে হইবে।

৮। শেষে নোজ রেডিয়াস দিতে হইবে। কোপের গভীরতার সহিত নোজ রেডিয়াসের একটি সম্বন্ধ আছে এবং তাহা কিরূপ নিম্নে দেওয়া হইল—

কোপের গভীরতা (ইঞ্চিতে)	নোজ রেডিয়াস (ইঞ্চিতে)
$\frac{1}{8}$ ইঞ্চি বা তদপেক্ষা কম	$\frac{1}{32}$
$\frac{3}{16}$ হইতে $\frac{3}{8}$	$\frac{3}{64}$
$\frac{7}{16}$ হইতে $\frac{3}{4}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{13}{16}$ হইতে $1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{32}$

———

মাপিবার যন্ত্র (Measuring Tools)

প্লেন বা টেম্পার দেওয়া ষ্টীল রুল বা স্কেল (Plain or Tempered Steel Rule or Scale)—ইহাকে মেসিনিষ্ট রুলও বলে। ইহা সাধারণতঃ স্প্রীং ষ্টীলের নির্মিত হয় ; তবে ষ্টেনলেস ষ্টীলের রুলই সর্বোত্তম।

১৬৪ নং চিত্র

ইহার ষ্টাণ্ডার্ড মাপ ছয় ইঞ্চি বা বার ইঞ্চি। ইহা অপেক্ষা অধিক লম্বা স্কেলও পাওয়া যায়, তবে মেসিনশপে তাহার ব্যবহার খুব কম। এই স্কেলের উভয় পৃষ্ঠে ইঞ্চির মাপ থাকে। আবার এক পিঠে ইঞ্চি ও অন্য পিঠে সেন্টিমিটারের মাপও থাকে।

স্কেল কিরূপে পড়েঃ—স্কেল ইঞ্চি ও সেন্টিমিটার বা মিলিমিটার উভয় প্রকারেরই হয়।

ইঞ্চি মাপের স্কেলঃ—ইঞ্চি মাপের স্কেলে 1 ফুটকে 12টি সমান অংশে বিভক্ত করা থাকে। এইগুলি ইঞ্চি মাপের দাগ। এই দাগগুলি অন্যান্য দাগ অপেক্ষা বেশী লম্বা থাকে। মাপ পড়িবার সুবিধার জন্য এই দাগ পর পর 1, 2, 3....সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। ইঞ্চি মাপের দাগগুলি আবার সমান দুইভাগে বিভক্ত। এই আধ ইঞ্চি $\frac{1}{2}$" দাগগুলি ইঞ্চি মাপের দাগ অপেক্ষা লম্বায় সামান্য ছোট হয়। আধ ইঞ্চি মাপ আবার সমান দুইভাগে বিভক্ত অর্থাৎ এক ইঞ্চি সমান চারি ভাগে বিভক্ত। এই রেখাগুলি আধ ইঞ্চির দাগ অপেক্ষা সামান্য ছোট। এই মাপকে কোয়ার্টার ইঞ্চি বা এক জ $\frac{1}{4}$" বলে। কোয়ার্টার ইঞ্চ বা এক জ মাপকে সমান দুই অংশে ভাগ করিয়া এক ইঞ্চিকে আট অংশে বিভক্ত করা হয়। এই রেখা এক জ-য়ের রেখা অপেক্ষা দৈর্ঘ্যে সামান্য ছোট এবং ইহাদিগকে ওয়ান এইট্থ ইঞ্চি $\frac{1}{8}$" বা এক সুতা মাপ বলে।

এইরূপে ক্রমশঃ সমান দুইভাগে ভাগ করিতে করিতে এক ইঞ্চিকে 64 অংশে বিভক্ত করা হয় এবং প্রতিবারই রেখাগুলি পূর্ববর্তী রেখা অপেক্ষা সামান্য ছোট করিয়া টানা হয়। এই দাগগুলিকে যথাক্রমে একের ষোল ইঞ্চি $\frac{1}{16}''$ বা আধ সূতা, একের বত্রিশ ইঞ্চি $\frac{1}{32}''$ বা পোয়া সূতা এবং একের চৌষট্টি ইঞ্চি $\frac{1}{64}''$ বলে। দাগের মাপগুলি কি ভাবে ক্রমশঃ ছোট হইয়াছে তাহা ১৬৪ নং চিত্র লক্ষ্য করিলে স্পষ্ট বুঝা যাইবে। এই দাগগুলির দৈর্ঘ্য খেয়াল রাখিলে স্কেল দ্বারা মাপ লইবার সময় মাপ অতি শীঘ্র পড়া যায়।

মাপ বলিবার সময় ভগ্নাংশটি কাটিয়া সর্বাপেক্ষা ছোট করিয়া বলিতে হয়। যেমন—$\frac{6}{32}$ ইঞ্চিকে $\frac{3}{16}''$ ইঞ্চি বা দেড় সূতা। $\frac{16}{64}''$ ইঞ্চিকে $\frac{1}{4}''$ ইঞ্চি বা এক জ। ১৬৪নং চিত্র লক্ষ্য করিলে উহা ভালভাবে বুঝা যাইবে।

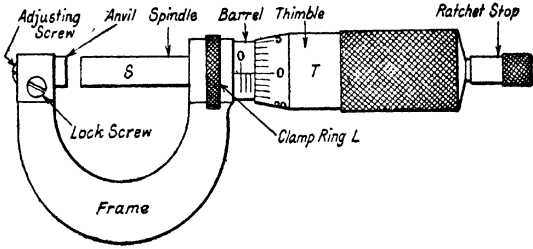
যখন 32 বা 64 ভাগের ভগ্নাংশে একটি মাপ বলিতে হয় তখন অনেক সময় কাছাকাছি একটি অধিক পরিচিত ভগ্নাংশ অপেক্ষা প্রদত্ত ভগ্নাংশটি কত ছোট বা বড় তাহা বলা সুবিধাজনক। যেমন, সাতান্নর চৌষট্টি $\frac{57}{64}''$, উনিশের বত্রিশ $\frac{19}{32}''$, প্রভৃতি সংখ্যাকে যথাক্রমে সেভন এইট্থ বা সাত সুতা অপেক্ষা ওয়ান্ সিক্সটি ফোর্থ বা একের চৌষট্টি বড়, ফাইভ এইট্থ বা পাঁচ সুতা অপেক্ষা ওয়ান্ থার্টি টু বা একের বত্রিশ ছোট এইরূপ বলা হয়।

কোন কোন স্কেলের ইঞ্চি 12, 24 বা 10 ভাগে বিভক্ত থাকে। স্কেলটি 12 বা 24 ভাগে বিভক্ত থাকিলে ইঞ্চিকে যত ভাগে ভাগ করা হইয়াছে তাহাকে ভগ্নাংশের নীচে (হরে) এবং মাপ যে কয়টি দাগ পর্যন্ত হইবে তাহাকে ভগ্নাংশের উপরে (লবে) বসাইয়া কাটাকাটি করিয়া ভগ্নাংটি সর্বাপেক্ষা ছোট করিয়া বলিতে হইবে। যেমন, $\frac{6}{12}''$ ইঞ্চিকে $\frac{1}{2}''$ (আধ ইঞ্চি), $\frac{8}{12}''$ ইঞ্চিকে $\frac{2}{3}''$ (দুয়ের তিন ইঞ্চি), $\frac{16}{64}''$ ইঞ্চিকে $\frac{1}{4}''$ (এক-জ), $\frac{10}{24}''$ ইঞ্চিকে $\frac{5}{12}''$ (পাঁচের বার ইঞ্চি) প্রভৃতি বলে।

দশমিকে বলিবার সুবিধার জন্য অনেক সময় ইঞ্চিকে দশভাগে ভাগ করা হয়। এইরূপ স্কেলে মাপ পড়িবার সময় মাপটি যত পুরা ইঞ্চি পার হইয়া যাইবে তাহা দশমিকের আগে বসাইতে হইবে এবং ইঞ্চিকে যে রেখাগুলি দ্বারা ভাগ করা হইয়াছে সেইরূপ যতগুলি ঘর পার হইবে সেই সংখ্যাটিকে দশমিকের পরে বসাইতে হইবে। যেমন দুইটি পুরা ইঞ্চি এবং তৃতীয় ইঞ্চির ছয় দাগ লইলে তাহা 2·6" (দুই দশমিক ছয় ইঞ্চি) হইবে।

উপরিউক্ত স্কেল ছাড়া অধুনা এক প্রকারের উন্নত ধরণের স্কেল দেখিতে পাওয়া যায়, যাহাতে এক ইঞ্চির দশ হাজার ভাগ হইতে এক হাজার অন্তর যে কোন মাপ বাহির করা যায়।

মাইক্রোমিটার ক্যালিপার (Micrometer Calliper)

মাইক্রোমিটারের মূল নীতি—মাইক্রোমিটার কিরূপে কাজ করিতেছে বুঝিতে হইল প্রথমে থ্রেডের পিচ সম্বন্ধে পরিষ্কার ধারণা থাকা প্রয়োজন। একটি নাট এবং বোল্ট লইয়া পরীক্ষা করিলে ইহা সর্বাপেক্ষা সহজে বুঝিতে পারা যাইবে। নাটটি যদি বোল্টের উপর ঠিক এক পাক ঘোরান যায়, তাহা

১৬৫ নং চিত্র—মাইক্রোমিটার ক্যালিপার

হইলে দেখা যাইবে একটি থ্রেডের মাথা হইতে বোল্টের অক্ষের সমান্তরালভাবে ঠিক পরবর্তী থ্রেডের মাথার যে দূরত্ব তাহার অর্থাৎ পিচের (অবশ্যই যদি থ্রেডটি এক পন্থাবিশিষ্ট হয় তবে) সমান দূরত্বে নাটটি আগাইয়া যাইবে।

পরপর দুইটি থ্রেডের মাথার দূরত্ব অর্থাৎ পিচ যদি $\frac{1}{8}$ ইঞ্চি হয়, তাহা হইলে নাট বা বোল্টের একটিকে স্থির রাখিয়া অপরটি ঘোরাইলে, শেষেরটি $\frac{1}{8}$ ইঞ্চি আগাইয়া যাইবে। এই প্রসঙ্গে ইহাও লক্ষ্য করিবার বিষয় যে আধ পাক ঘোরাইলে স্ক্রু বা নাটটি ঠিক পিচের অর্ধেক অর্থাৎ $\frac{1}{16}$ ইঞ্চি আগাইয়া যাইবে, অর্থাৎ পুরা পাকের যত ভগ্নাংশ ঘোরান হইবে নাট বা স্ক্রুটি পিচের তত ভগ্নাংশ আগাইয়া যাইবে।

মাইক্রোমিটার—১৬৫ নং চিত্রে প্রদর্শিত মাইক্রোমিটারটি থ্রেড, এনভিল, স্পিণ্ডল, ব্যারল ও থিম্বল লইয়া গঠিত। একটি স্ক্রু সাহায্যে এন্‌ভিলটি অ্যাড্‌জাষ্ট করা যায় এবং মাইক্রোমিটারে যে মাপ লওয়া হয় তাহা যাহাতে ঘুরিয়া না যায় তজ্জন্য ক্ল্যাম্প রিং বা লক L সাহায্যে থিম্বলকে আটকাইয়া রাখা যায়। র‍্যাচেট মাইক্রোমিটারের বিশেষ প্রয়োজনীয় অঙ্গ। ইহাকে ঘোরাইয়া মাপ লইলে প্রতিবার বস্তুর উপর একই চাপ পড়িবে এবং মাপ নিখুঁত পাওয়া যাইবে। থিম্বলকে হাতে ঘোরাইয়া মাপ লইলে বিভিন্ন বার বিভিন্ন রকম চাপ বস্তুর উপর পড়িবে এবং বিভিন্ন রকম মাপ পাওয়া যাইবে। ইহা ছাড়া বস্তুর উপর চাপ বেশী দিলে মাইক্রোমিটারের থ্রেড নষ্ট হইয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকিবে।

মাইক্রোমিটারের স্পিণ্ডলের পিছন দিকে প্রতি ইঞ্চিতে 40টি থ্রেড কাটা থাকে এবং ইহা ব্যারেলের ভিতর দিকে যে ঐ একই প্রকারের থ্রেড কাটা থাকে তাহার সহিত ফিট করে। স্পিণ্ডলের পিছন দিক থিম্বলের সহিত যুক্ত থাকায় থিম্বলটি ঘোরাইলে স্পিণ্ডলটি ঘোরে এবং ফলে সম্মুখের দিকে আগাইতে থাকে। ব্যারেলের গায়ে এক ইঞ্চি পরিমিত স্থান প্রধান 10 ভাগে বিভক্ত এবং উহাদের উপর 1, 2, 3 প্রভৃতি সংখ্যা চিহ্নিত করা থাকে। এই এক একটি ভাগ আবার 4 ভাগে বিভক্ত থাকে। এই ভাগের রেখা-গুলি পূর্ববর্তী ভাগের রেখাগুলি অপেক্ষা ছোট হইয়া থাকে। সুতরাং ব্যারেলের উপর 1 ইঞ্চি পরিমিত স্থান মোট $10 \times 4 = 40$ ভাগে বিভক্ত। সুতরাং ইহার ছোট এক ভাগ সমান $\frac{1}{40}$ ইঞ্চি অর্থাৎ 0·025 ইঞ্চি (পঁচিশ হাজার)।*

পূর্বেই বলা হইয়াছে স্পিণ্ডলের পিছনে এক ইঞ্চিতে 40টি থ্রেড কাটা থাকে। সুতরাং স্পিণ্ডলকে অর্থাৎ থিম্বলকে এক পাক ঘোরাইলে $\frac{1}{40}$ ইঞ্চি অর্থাৎ 0·025 ইঞ্চি আগাইবে। অতএব দেখা যাইতেছে থিম্বলকে পুরা এক পাক ঘোরাইলে স্পিণ্ডলের গায়ের ছোট এক দাগ আগাইবে। থিম্বলের পরিধি আবার 25 ভাগে বিভক্ত থাকে। থিম্বল এক পাক ঘুরিলে যদি 0·025 ইঞ্চি (পঁচিশ হাজার) আগায় তাহা হইলে থিম্বলের পরিধির এক এক দাগ ঘোরাইলে $(\frac{1}{40} \times \frac{1}{25}) = \frac{1}{1000}$ বা 0·001 ইঞ্চি (এক হাজার) ঘুরিবে।

মাইক্রোমিটার পড়িবার নিয়ম—মাইক্রোমিটার পড়িতে হইলে পূর্বের আলোচনা হইতে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি মনে রাখিতে হইবে—

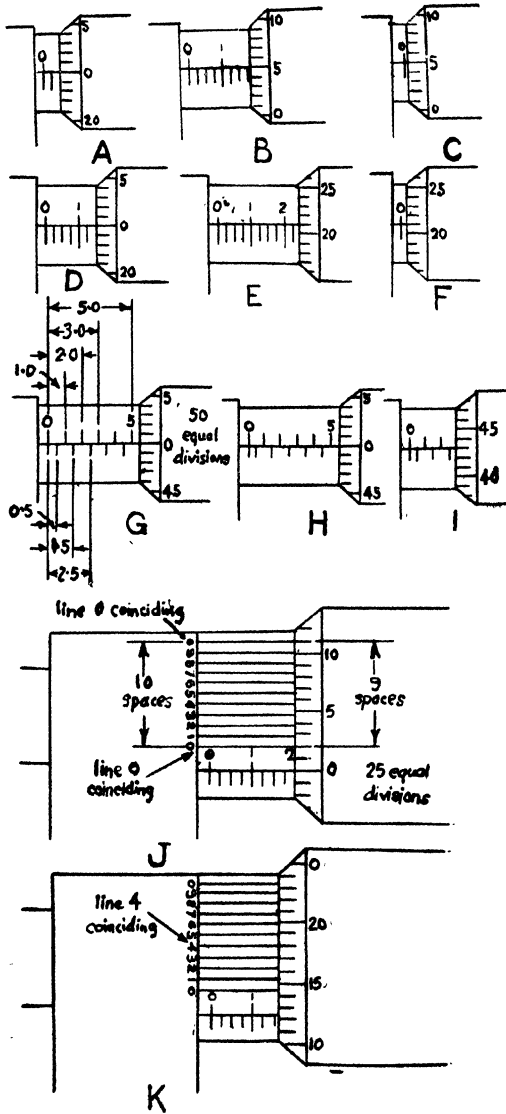
ব্যারেলের সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র 1 ভাগ = 0 025 ইঞ্চি
„ „ „ 2 „ = 0·050 „
„ „ „ 3 „ = 0·075 „
„ „ „ 4 „ = 0 1 „

সুতরাং ব্যারেলের উপর প্রতি চতুর্থ দাগ এক ইঞ্চির দশ ভাগের কোন ভগ্নাংশ এবং থিম্বলের এক একটি দাগ ·001 ইঞ্চির (এক হাজারের) সমান।

---

* এক ইঞ্চির হাজার ভাগের এক ভাগ $\frac{1}{1000}$ = ·001 ইঞ্চিকে কারখানায় চলতি কথায় এক হাজার বলা হয়। সেইরূপ—

·002 ইঞ্চি	= দু'হাজার	·011 ইঞ্চি	= এগার হাজার
·003 „	= তিন „	....	
....		·025 „	= পঁচিশ হাজার
·009 „	= নয় „	·099 „	= নিরানব্বই „
·010 „	= দশ „	·1 „	= একশ হাজার বা একদশ

১৬৬ নং চিত্র—মাইক্রোমিটারের মাপ

ইঞ্চি মাইক্রোমিটারের মাপ (১৬৬ নং চিত্র)

A. 0·025 × 2 = 0·050 (পঞ্চাশ হাজার)

B. 0·100 × 1 = 0·100

0·025 × 3 = 0·075

0·001 × 5 = 0·005

0·180 (এক দশ আশি হাজার)

C. ·001 × 5 = 0·005 (পাঁচ হাজার)

D. 0·100 × 1 = 0·100

0·025 × 2 = 0·050

0.150 (এক দশ পঞ্চাশ হাজার

E. 0·100 × 2 = 0·200

0·025 × 1 = 0·025

0·001 × 21 = 0·021

0·246 (দু'দশ ছেচল্লিশ হাজার)

F. 0·001 × 21 = 0·021 (একুশ হাজার)

মিলিমিটার মাইক্রোমিটারের মাপ (১৬৬ নং চিত্র)

G. 5 মিলিমিটার

0·5 ,,

5·5 ,, (সাড়ে পাঁচ মিলিমিটার)

H. G-এর মাপের সমান

I. 2 মিলিমিটার

0·5 ,,

0·43 ,,

2·93 ,, (দুই দশমিক নয় তিন মিলিমিটার)।

ভার্ণিয়ার মাইক্রোমিটারের মাপ (১৬৬ নং চিত্র)

J. 0·100 × 2 = 0·2 ইঞ্চি (দু' দশ)

K. 0·100 × 1 = 0·1 ইঞ্চি

0·025 × 2 = 0·050 ,,

0·001 × 12 = 0·012 ,,

0·0001 × 4 = 0·0004 ,,

0·1624 (এক দশ বাষট্টি হাজার চার লাখ)

ভার্ণিয়ার মাইক্রোমিটার ক্যালিপার—এক ইঞ্চির হাজার ভাগের এক ভাগ অপেক্ষাও সূক্ষ্ম মাপ লইবার জন্য মাইক্রোমিটারে ভার্ণিয়ার ব্যবস্থা থাকে। ইহার সাহায্যে এক ইঞ্চির দশ হাজার ভাগের এক ভাগ (0·0001″) পর্যন্ত মাপ লওয়া যায়। ·0001 ইঞ্চিকে চলতি কথায় এক লাখ বলে।

১৬৬ নং চিত্রের J এবং K-এর ন্যায় ব্যারেলের পরিধিতে 10 ভাগ করা থাকে এবং এই দশভাগ থিম্বলের 9 ভাগের সমান।

∴ ভার্ণিয়ারের 10 ভাগ = থিম্বলের 9 ভাগ অর্থাৎ ·009 ইঞ্চি

∴ „ 1 „ = $\frac{\cdot 009}{10}$ ইঞ্চি = ·0009 ইঞ্চি

সুতরাং ভার্ণিয়ারের প্রতিটি দাগ থিম্বলের দাগ অপেক্ষা (·001″ – ·0009″) = ·0001 ইঞ্চি (এক লাখ) ছোট।

ভার্ণিয়ারের 0 দাগটি যখন থিম্বলের একটি দাগের সহিত মিলিয়া যায়, তখন উহা একটি পুরা হাজার বোঝায়। সেই অবস্থায় ভার্ণিয়ারের 1 চিহ্নিত দাগের সহিত থিম্বলের ঠিক পরবর্তী দাগের তফাৎ থাকে ·0001 ইঞ্চি (একলাখ) *। ভার্ণিয়ারের 2 চিহ্নিত দাগের সহিত থিম্বলের পরবর্তী দাগের তফাৎ থাকে ·0002 ইঞ্চি (দু’লাখ)। এইরূপে বাড়িতে বাড়িতে ·0009 ইঞ্চি (ন’ লাখ) পর্যন্ত হয়। তাহার পর ভার্ণিয়ারের 10 চিহ্নিত দাগটি আবার থিম্বলের একটি দাগের সহিত মিলিয়া যায়।

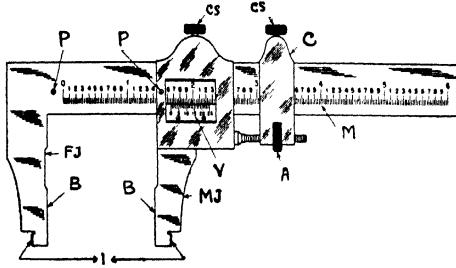
সুতরাং ভার্ণিয়ারের 0 দাগ যদি থিম্বলের কোন দাগের সহিত না মিলিয়া ভার্ণিয়ারের 1 চিহ্নিত দাগ থিম্বলের একটি দাগের সহিত মিলে, তাহা হইলে বুঝিতে হইবে থিম্বল আরো ·0001 ইঞ্চি বেশী ঘুরিয়াছে। যদি ভার্ণিয়ারের 2 চিহ্নিত দাগটি থিম্বলের কোন দাগের সহিত মেলে, তাহা হইলে বুঝিতে হইবে থিম্বল ·0002 ইঞ্চি আরও বেশী ঘুরিয়াছে। এইরূপে ভার্ণিয়ারের যত সংখ্যক দাগ থিম্বলের দাগের সহিত মিলিবে বুঝিতে হইবে থিম্বলটি তত লাখ অর্থাৎ এক ইঞ্চির দশ হাজার ভাগের তত ভাগ আরও বেশী ঘুরিয়াছে।

ভার্ণিয়ার মাইক্রোমিটার পড়িবার নিয়ম—

ভার্ণিয়ার মাইক্রোমিটার পড়িবার সময় প্রথমতঃ ঠিক সাধারণ মাইক্রোমিটারের ন্যায় মাপ বাহির করিতে হয়, তাহার পর সেই মাপের সঙ্গে ভার্ণিয়ারের যত সংখ্যক দাগটি থিম্বলের দাগের সহিত মিলিবে সেই সংখ্যাটি দশমিকের পর চতুর্থ ঘরে বসাইতে হয়।

---

* ·0001 ইঞ্চি যদিও এক ইঞ্চির দশ হাজার ভাগের এক ভাগ চলতি কথায় ইহাকে এক লাখ বলে।

ভার্ণিয়ার স্লাইডিং ক্যালিপার—ভার্ণিয়ার স্লাইডিং ক্যালিপারে মেন স্কেলটি (Main Scale) ইঞ্চিতে বিভক্ত থাকে এবং 1, 2, 3, সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত থাকে। এই এক ইঞ্চি আবার প্রধান দশ ভাগে বিভক্ত

১৬৭ নং চিত্র—ভার্ণিয়ার স্লাইডিং ক্যালিপার

CS = দুইটি ক্ল্যাম্প স্ক্রু।	MJ = মুভবেল 'জ' (এই জ-টি আগান পিছান যায়)
C = ক্ল্যাম্প	FJ = ফিক্সড 'জ' (এই জ-টি স্থির থাকে)
M = মেন স্কেল	I = কোন বস্তুর ভিতরের মাপ লইবার সারফেসদ্বয়
A = অ্যাডজাষ্ট করিবার নাট	B = কোন বস্তুর বাহিরের মাপ লইবার সারফেসদ্বয়
V = ভার্ণিয়ার স্কেল।	P = ডিভাইডর বসাইয়া মাপ লইবার দুইটি বিন্দু।

এবং এগুলিও 1, 2, 3, প্রভৃতি সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত থাকে। তবে ইহার দাগগুলি পূর্বাপেক্ষা অপেক্ষাকৃত ছোট হয়। সুতরাং এই ভাগগুলির প্রত্যেকটি $\frac{1}{10}$ বা ·1 ইঞ্চির সমান। এই ভাগগুলিকে আবার সমান 4 ভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে। সুতরাং সর্বাপেক্ষা ছোট ভাগগুলি $\frac{1}{40}$ ইঞ্চি বা ·025 ইঞ্চির সমান।

ভার্ণিয়ার স্কেলে 25টি ভাগ করা থাকে এবং উহা প্রধান স্কেলের 24টি দাগের সমান। কিন্তু আমরা জানি মেন স্কেলের 24 দাগ $= \frac{1}{40} \times 24$ $=$ ·6 ইঞ্চি।

সুতরাং ভর্ণিয়ার স্কেলের 25 দাগ সমান ·6 ইঞ্চি

$\therefore$ ভার্ণিয়ার „ 1 „ „ $\frac{\cdot 6}{25}$ = ·024 ইঞ্চি

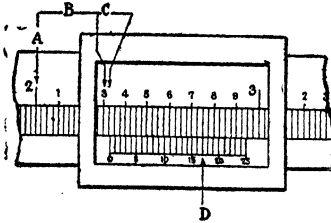
সুতরাং ভার্ণিয়ার স্কেলের ও মেন স্কেলের প্রতিটি দাগের মধ্যে তফাৎ হইতেছে (·025 − ·024) = ·001 ইঞ্চি।

ভার্ণিয়ার ক্যালিপার পড়িবার নিয়ম—

১। ভার্ণিয়ারের 0-চিহ্নিত দাগ মেন স্কেলের যত পুরা ইঞ্চি পার হইবে সেই সংখ্যা দশমিকের আগে বসাইতে হইবে।

২। এক ইঞ্চিকে দশ ভাগ করিয়া যে 1, 2, 3, প্রভৃতি চিহ্নিত করা হইয়াছে, এরূপ যে কয়টি ঘর ভার্ণিয়ার স্কেলের 0 চিহ্নিত দাগ পার হইবে সেই সংখ্যাটি দশমিকের পর প্রথম ঘরে বসাইতে হইবে।

৩। ইহার পর ভার্ণিয়ারের 0 চিহ্নিত দাগটি মেন স্কেলের সর্বাপেক্ষা ছোট যে কয়টি ভাগ পার হইবে তত পঁচিশ হাজার ধরিতে হইবে ; অর্থাৎ সেই সংখ্যা দ্বারা ·025 কে গুণ করিয়া, ১ এবং ২-এ যে মাপ পাওয়া গিয়াছে তাহার সহিত যোগ করিতে হইবে।

৪। সর্বশেষে ভার্ণিয়ারের যে দাগটি মেন স্কেলের দাগের সহিত মিলিবে তত হাজার অর্থাৎ হাজার ভাগের তত অংশ যোগ করিতে হইবে।

$1{\cdot}000 \times 2 = 2{\cdot}000$ ইঞ্চি

$0{\cdot}100 \times 3 = 0{\cdot}300$,,

$0{\cdot}025 \times 1 = 0{\cdot}025$,,

$0{\cdot}001 \times 17 = 0{\cdot}017$,,

$2{\cdot}342$,,

দু ইঞ্চি তিন দশ বিয়াল্লিশ হাজার

১৬৮ নং চিত্র

মেট্রিক মাইক্রোমিটার

মেট্রিক মাইক্রোমিটার স্পিণ্ডলে যে থ্রেড কাটা থাকে তাহার পিচ হইতেছে $\frac{1}{2}$ বা ·5 মিলিমিটার এবং ব্যারেলের উপর সর্বাপেক্ষা ছোট যে ভাগের দাগ থাকে তাহাও $\frac{1}{2}$ মিলিমিটারের সমান। ফলে, থিম্বল এক পাক ঘুরিলে উহা ব্যারেলের এক দাগ অর্থাৎ ·5 মিলিমিটার আগাইবে। আবার থিম্বলের পরিধি 50 ভাগে বিভক্ত। সুতরাং থিম্বলের এক এক ভাগ সমান $\frac{\cdot 5}{50} = {\cdot}01$ মিলিমিটার।

মাইক্রোমিটার পড়িবার সময় লক্ষ্য রাখিতে হইবে থিম্বলটি কয়টি পুরা মিলিমিটার পার হইয়াছে (পুরা মিলিমিটারের দাগগুলি অর্ধ মিলিমিটারের দাগ অপেক্ষা একটু বড় হয় এবং অর্ধ মিলিমিটারের দাগগুলি একটু নীচে অবস্থিত থাকে)। তারপর দেখিতে হইবে কত অর্ধ মিলিমিটার পার

হইয়াছে এবং সর্বশেষে দেখিতে হইবে থিম্বলের কয়টি ঘর পার হইয়াছে। থিম্বলের যে কয়টি ঘর পার হইবে মিলিমিটারের একশত ভাগের তত অংশ যোগ করিতে হইবে।

মেট্রিক ভার্ণিয়ার স্লাইডিং ক্যালিপার

মেট্রিক ভার্ণিয়ার ক্যালিপারে মেন স্কেলটি প্রধানতঃ সেন্টিমিটারে বিভক্ত থাকে। এক সেন্টিমিটার আবার দশভাগে বিভক্ত থাকে। ফলে প্রত্যেক ভাগ সমান এক এক মিলিমিটার হয়। প্রত্যেক মিলিমিটার আবার সমান দুই ভাগে বিভক্ত থাকে। সুতরাং মেট্রিক ভার্ণিয়ার ক্যালিপারের মেন স্কেলের সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র মাপ হইতেছে ·5 মিলিমিটার (অর্ধ মিলিমিটার)।

ইহার ভার্ণিয়ার স্কেল যে 25 ভাগে বিভক্ত থাকে উহা মেন স্কেলে সর্বাপেক্ষা ছোট যে ভাগ করা থাকে তাহার 24 ভাগের সমান।

∴ ভার্ণিয়ার স্কেলের 25 ভাগ সমান মেন স্কেলের 24 ভাগ অর্থাৎ 12 মিলিঃ

∴ „ „ 1 „ „ „ „ $\frac{12}{25}$ = ·48 মিলিমিটার

সুতরাং মেন স্কেলের প্রতিটি দাগ ভার্ণিয়ার স্কেলের প্রতিটি দাগ অপেক্ষা

(5 – ·48) = ·02 মিলিমিটার বড়।

মেট্রিক ভার্ণিয়ার স্লাইডিং ক্যালিপার কিরূপে পড়িতে হয় ?

১। ভার্ণিয়ার স্কেলের 0 চিহ্নিত দাগ কত পুরা মিলিমিটার পার হইয়াছে দেখিতে হইবে।

২। ভার্ণিয়ার স্কেলের 0 চিহ্নিত দাগ পুরা মিলিমিটার দাগের পর ·5 মিলিমিটার পার হইয়াছে কিনা দেখিতে হইবে।

৩। ভার্ণিয়ার স্কেলের যত চিহ্নিত দাগ মেন স্কেলের একটি দাগের সহিত মিলিবে সেই সংখ্যাকে ·02 দ্বারা গুণ করিয়া যাহা হইবে তাহা ১ এবং ২-এ প্রাপ্ত মাপের সহিত যোগ করিতে হইবে।

বিভেল প্রোট্র্যাক্টর (Bevel Protractor)

বিভেল (Bevel)—ইহা দেখিতে ১৬৯ নং চিত্রের ন্যায়। ইহাতে কোনরূপ ডিগ্রীর মাপ না থাকায় ইহা দ্বারা কোন বস্তুর কত ডিগ্রী মাপ তাহা প্রত্যক্ষভাবে বলা যায় না; কিন্তু ইহার ব্লেডটি নিয়ন্ত্রিত করিয়া কোন গেজ বা বস্তু হইতে অ্যাঙ্গলের মাপ ইহাতে তুলিয়া লওয়া যায় ও সেই মাপে বস্তু কাটা যায়। ১৭০ নং চিত্রের বিভেলটি সমতল পৃষ্ঠের কোণ মাপিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রোট্র্যাক্টর (Protractor) :—প্রোট্র্যাক্টর হইতেছে এক প্রকারের যন্ত্র যাহা দ্বারা প্রত্যক্ষভাবে কোন্ বস্তু কত ডিগ্রী মাপের তাহা বলা যায় ও ইহাকে ইচ্ছামত যে কোন নির্দিষ্ট কোণে বাঁধা যায়। মেসিন শপ ও টুলমেকার শপে বিভিন্ন প্রকারের প্রোট্র্যাক্টর ব্যবহার হয়। কোন্ প্রকার প্রোট্র্যাক্টর ব্যবহার করিতে হইবে তাহা নির্ভর করে বস্তুর আকৃতি ও নিখুঁতত্বের উপর।

1. **প্লেন ষ্টীল প্রোট্র্যাক্টর** (Plain Steel Protractor) :—প্লেন ষ্টীল প্রোট্র্যাক্টর, প্রোট্র্যাক্টর হেড ও ব্লেড এই দুই অংশে বিভক্ত। প্রোট্র্যাক্টর হেডে 180 ডিগ্রী অর্থাৎ অর্ধবৃত্ত পরিমিত স্থান পুরা ডিগ্রীতে বিভক্ত থাকে। ব্লেডটিকে ঘোরাইয়া একটি নাট দ্বারা যে কোন ঈপ্সিত জায়গায় আটকান যায়। যে সমস্ত কাজে বিশেষ নিখুঁতত্বের প্রয়োজন নাই সেই সকল কাজে ইহা ব্যবহার করা যায়। টুইষ্ট ড্রিল গ্রাইণ্ডিং-এর সময় কাটিং অ্যাঙ্গল মাপিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

2. **বিভেল প্রোট্র্যাক্টর** (Bevel Protractor) :—বিভেল প্রোট্র্যাক্টর—প্রোট্র্যাক্টর হেড ও ব্লেড বা স্কেল এই দুই অংশে বিভক্ত। প্রোট্র্যাক্টর হেডটি আবার ষ্টক (Stock) বা বেস (Base) এবং সুইয়িভেল (Swivel) বা টারেট (Turret) এই দুই অংশে বিভক্ত। টারেটের উপর একটি অর্ধবৃত্তের দুই বিপরীত প্রান্ত হইতে 0 ডিগ্রী হইতে আরম্ভ করিয়া এক এক ডিগ্রী ক্রমে 90° ডিগ্রী পর্যন্ত বিভক্ত করিয়া অর্ধবৃত্তটিকে 180 ডিগ্রীতে নিখুঁতভাবে বিভক্ত করা থাকে। টারেট বা এই ডিগ্রীর মাপ কাটা ডায়ালটি বেসের কেন্দ্রে অবস্থিত একটি ষ্টাডে ঘোরান যায় এবং একটি নাটের সাহায্যে

যে কোন ঈপ্সিত জায়গায় আটকান যায়। ব্লেডটি দৈর্ঘ্যের দিকে সরান যায় এবং যে কোন জায়গায় একটি নাট সাহায্যে আটকাইয়া রাখা যায়। কোন কোন বিভেল প্রোট্র্যাক্টরে স্পিরিট লেভেল (Spirit level) আটকান থাকে। বেসের তলাটি চ্যাপটা (Flat) থাকে, যাহাতে সমতল জায়গায় বসাইয়া মাপ লওয়া যায় বা আঁকা (Lay-out) যায়। বেসের উপর 0 চিহ্নিত একটি দাগ থাকে। সেই দাগের সহিত টারেট বা ডায়ালের কত ডিগ্রীর দাগ মিলিয়াছে তাহা দেখিয়া অ্যাঙ্গলের মাপ বাহির করিতে হয়। এই প্রকার প্রোট্র্যাক্টরে পূর্ণ ডিগ্রী পর্যন্ত নিখুঁতভাবে মাপা যায়। কিন্তু ডিগ্রীর ভগ্নাংশ অর্থাৎ মিনিট পর্যন্ত মাপ ইহাতে বাহির করা যায় না।

3. **ভার্ণিয়ার বিভেল প্রোট্র্যাক্টর** (Vernier Bevel protractor) ভার্ণিয়ার প্রোট্র্যাক্টর সাহায্যে 5 মিনিট ($\frac{1}{12}$ ডিগ্রী) পর্যন্ত মাপ নিখুঁতভাবে লওয়া যায়। এই প্রকার প্রোট্র্যাক্টরের বেসের গোলাকৃতি অংশ পুরা বৃত্ত বরাবর এক এক ডিগ্রী ক্রমে দাগ কাটা থাকে। দুই বিপরীত প্রান্তে 0 থাকে এবং সেখান হইতে উভয় দিকে 90 ডিগ্রী পর্যন্ত বিভক্ত থাকে। এইভাবে পুরা বৃত্তটি 360 ডিগ্রীতে বিভক্ত থাকে। টারেট বা সুইয়িভেলের উপর একটি ভার্ণিয়ার স্কেল লাগান থাকে। ভার্ণিয়ার স্কেলের মাঝখানে 0 (শূন্য) ও দুই দিকে বারটি করিয়া দাগ কাটা থাকে। এই এক একটি দাগ 5 মিনিটের (1 ডিগ্রী = 60 মিনিট $\frac{1}{12}$ ডিগ্রী = 5 মিনিট) সমান। সেইজন্য মাপ দেখিবার সুবিধার জন্য ভার্ণিয়ার স্কেলে শূণ্য হইতে উভয়দিকে প্রতি তৃতীয় দাগে 15, 30, 45 ও 60 লেখা থাকে।

ভার্ণিয়ার প্রোট্র্যাক্টরের মূলনীতিঃ—ভার্ণিয়ার স্কেলের 12 দাগ বেস ডায়ালের উপর চিহ্নিত 23 ডিগ্রীর সমান।

ভার্ণিয়ায়েরর 12 দাগ সমান 23 ডিগ্রী

1 „ „ $\frac{23}{12}$ ডিগ্রী বা 1 ডিগ্রী 55 মিনিট

সুতরাং ভার্ণিয়ার স্কেলের প্রতিটি দাগ বেস ডায়ালের দুই দাগের দূরত্ব (2 ডিগ্রী) অপেক্ষা 5 মিঃ কম। সুতরং ভার্ণিয়ারের 0 দাগ যদি স্কেলের কোন দাগের সহিত মিলানর পর টারেটটি ঘোরাইয়া ভার্ণিয়ারের প্রথম দাগটিকে ডায়ালের উপর তার (অর্থাৎ ভার্ণিয়ারের প্রথম দাগের) ঠিক পরের দাগটির সহিত মিলান যায় তাহা হইলে টারেটটি ঠিক পাঁচ মিনিট ঘুরিবে।

ঠিক সেইরূপ ভার্ণিয়ারের দ্বিতীয় দাগটিকে ঠিক তার পরের দাগের সহিত মিলাইলে টারেটটি 10 ডিগ্রী ঘুরিবে। এইরূপে ভার্ণিয়ারের দ্বাদশ দাগটি ঠিক তার পরের দাগের সহিত মিলাইলে টারেটটি 60 মিনিট অর্থাৎ 1 ডিগ্রী ঘুরিবে।

ভার্ণিয়ার প্রোট্র্যাক্টর কিরূপে পড়িতে হয় :—

(1) ভার্ণিয়ার স্কেলের 0 চিহ্নিত দাগটি যদি বেস ডায়ালের কোন দাগের সহিত সম্পূর্ণরূপে মিলিয়া যায়, তাহা হইলে মাপটি পুরা অর্থাৎ পূর্ণ ডিগ্রী হইবে। ভার্ণিয়ারের 0 চিহ্নিত দাগটি সম্পূর্ণরূপে ডায়ালের দাগের সহিত মিলিয়াছে কিনা নিঃসন্দেহ হইবার জন্য ভার্ণিয়ার স্কেলের উভয় প্রান্তের 60 চিহ্নিত দাগ দুইটি লক্ষ্য করিতে হইবে। 60 চিহ্নিত দাগ দুইটিও বেস ডায়ালের দাগের সহিত সম্পূর্ণরূপে মিলিয়া যাইলে বুঝিতে হইবে, অ্যাঙ্গলটি একটি পূর্ণ ডিগ্রী এবং উহা কত ডিগ্রী তাহা বেস ডায়ালের স্কেল দেখিয়া বুঝিতে হইবে।

(2) যখন ভার্ণিয়ার স্কেলের 0 চিহ্নিত দাগ বেস ডায়ালের কোন দাগের সহিত মিলিবে না, তখন বুঝিতে হইবে মাপটি ডিগ্রী ও মিনিটে আছে। অ্যাঙ্গলটি কত পড়িবার জন্য বেস ডায়ালের 0 ও ভার্ণিয়ার স্কেলের 0-র মধ্যে বেস ডায়ালের উপর কত পূর্ণ ডিগ্রী হইয়াছে পড়িতে হইবে।

(3) তাহার পর **ঐ একই দিকে** (বিশেষভাবে মনে রাখিতে হইবে) ভার্ণিয়ার স্কেলের দাগগুলি গুনিয়া যাইতে হইবে যতক্ষণ না পর্যন্ত ভার্ণিয়ার স্কেলের একটি দাগ বেস ডায়ালের একটি দাগের সহিত মিলিয়া যায়।

(4) ভার্ণিয়ার স্কেলের যত সংখ্যক দাগটি প্রথম বেস ডায়ালের একটি দাগের সহিত মিলিয়া যাইবে সেই সংখ্যাকে 5 দ্বারা গুণ করিলে, কত মিনিট হইয়াছে জানিতে পারা যাইবে।

(5) 1—এ প্রাপ্ত পূর্ণ ডিগ্রীর সহিত 4-এ প্রাপ্ত মিনিট যোগ করিলে অ্যাঙ্গলটির সঠিক মাপ পাওয়া যাইবে।

উদাহরণ 1 :—১৭৩ (4) নং চিত্রে প্রদর্শিত উদাহরণে বেস ডায়ালের 0 ও ভার্ণিয়ার স্কেলের 0-র মধ্যে 30 ডিগ্রী পুরা রহিয়াছে।

(2) ঐ একই দিকে ভার্ণিয়ারের নবম দাগটি বেস ডায়ালের একটি দাগের সহিত মিলিয়া গিয়াছে। সুতরাং $9 \times 5 = 45$ মিনিট হইয়াছে।

(3) সুতরাং সঠিক মাপ হইতেছে 30 ডিগ্রী 45 মিনিট।

উদাহরণ 2 :—১৭৩ (5) নং চিত্রে প্রদর্শিত উদাহরণে বেস ডায়ালের 0 ও ভার্ণিয়ার স্কেলের 0-র মধ্যে 51 ডিগ্রী পুরা হইয়াছে।

(2) ঐ একই দিকে ভার্ণিয়ার স্কেলের তৃতীয় দাগটি বেস ডায়ালের একটি দাগের সহিত মিলিয়াছে। সুতরাং $3 \times 5 = 15$ মিনিট।

(3) সুতরাং সঠিক মাপ হইতেছে 51° ডিগ্রী 15 মিনিট।

উদাহরণ 3 ঃ—১৭৩ (3) নং চিত্রে ভার্ণিয়ারের 0 চিহ্নিত দাগ বেস ডায়ালের 17 চিহ্নিত দাগের সহিত সম্পূর্ণরূপে মিলিয়া গিয়াছে। সুতরাং ইহা পুরা 17 ডিগ্রী কোণ নির্ণয় করিতেছে। এখানে লক্ষণীয় যে 60 চিহ্নিত দাগ দুইটিও বেস ডায়ালের এক একটি দাগের সহিত মিলিয়া গিয়াছে।

উদাহরণ 4 ঃ—১৭৩ (2) নং চিত্রে প্রদর্শিত উদাহরণে বেস ডায়ালের 0 ও ভার্ণিয়ার স্কেলের 0 এর মধ্যে 12° পুরা রহিয়াছে।

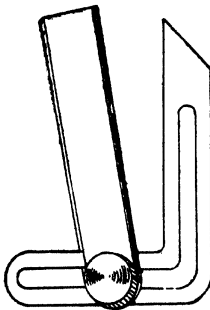
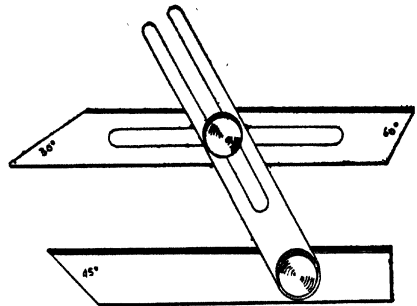
(2) ঐ একই দিকে ভার্ণিয়ারের দশম দাগটি বেস ডায়ালের একটি দাগের সহিত মিলিয়া গিয়াছে। সুতরাং $10 \times 5 = 50$ মিনিট হইয়াছে।

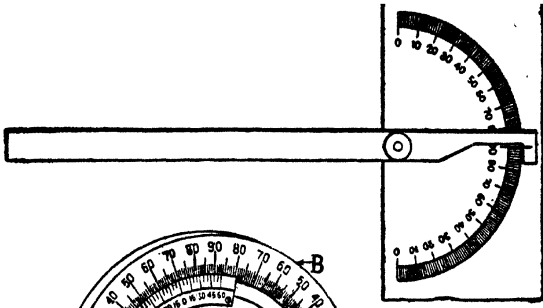
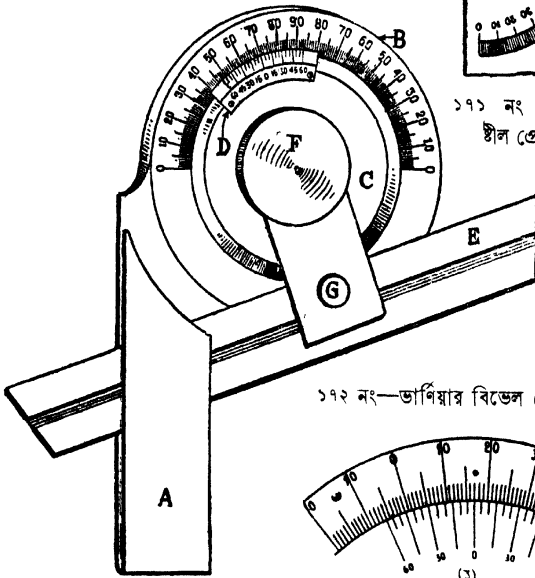
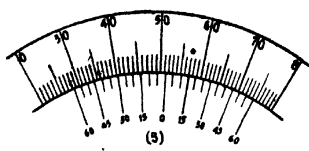
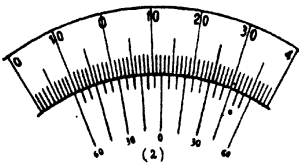
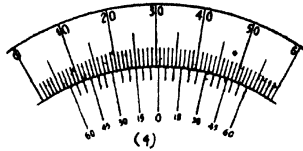
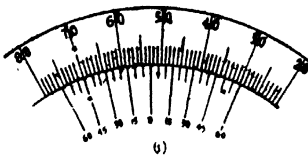
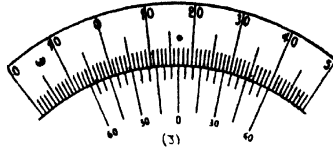
(3) সুতরাং সঠিক মাপ 12° 50′।

উদাহরণ 5 ঃ—১৭৩ (1) নং চিত্রে প্রদর্শিত উদাহরণে বেস ডায়ালের 0 ও ভার্ণিয়ার স্কেলের 0-এর মধ্যে 52° পুরা রহিয়াছে।

(2) ঐ একই দিকে ভার্ণিয়ার স্কেলের নবম দাগটি বেস ডায়ালের একটি দাগের সহিত মিলিয়া গিয়াছে। সুতরাং $9 \times 5 = 45$ মিনিট হইয়াছে।

(3) সুতরাং সঠিক মাপ 52° 45′।

অপ্‌টিক্যাল বিভেল প্রোট্র্যাক্টর (Optical Bivel Protrac-

১৬৯ নং চিত্র—বিভেল

১৭০ নং চিত্র—বিভেল

tor) ঃ—ভার্ণিয়ার বিভেল প্রোট্র্যাক্টর অপেক্ষা নিখুঁতভাবে মাপ লইবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়। ইহার সাহায্যে এক মিনিট পর্যন্ত মাপ সঠিকভাবে লওয়া যায়। মাপ পড়িবার জন্য একটি লেন্স ইহাতে লাগান থাকে।

১৭১ নং চিত্র—প্লেন ষ্টীল প্রোট্রাক্টর

১৭২ নং—ভার্ণিয়ার বিভেল প্রোট্র্যাক্টর

১৭৩ নং চিত্র

১৭২ নং চিত্রের ফিগারগুলির সংকেত :—**A**—ষ্টক, **B**—ডায়াল, **C**—ডিস্ক বা টারেট, **D**—ভার্ণিয়ার, **E** –ব্লেড, **F**—ক্ল্যাম্পনাট, **G**—ক্ল্যাম্প স্ক্রু

ধাতু এবং উহার অ্যালয়

(Metals and Alloys)

কারখানায় যে সকল উপাদান ব্যবহৃত হয় উহা ধাতু (Metals) ও অ-ধাতু (Non-metals) এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত। ধাতুগুলি সাধারণতঃ তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহি, দ্যুতিসম্পন্ন (চক্‌চকে) ও আলোক প্রতিফলনক্ষম ; পারদ ব্যতীত অন্যান্য সব ধাতুই সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন অবস্থায় থাকে। ধাতুর ঘাত-সহতা (Malleability) ও প্রসার্যতা (Ductility) অধিক হইয়া থাকে। অ-ধাতু সমূহের মধ্যে এ সকল লক্ষণ সচরাচর দেখা যায় না। অবশ্যই ইহার ব্যতিক্রম আছে।

ইহা ভিন্ন ধাতু ও অ-ধাতুর ধর্মের একটি প্রধান বিভিন্নতা হইতেছে যে হাইড্রোজেন ব্যতীত সকল অ-ধাতু অপরা বা নেগেটিভ (Negative) বিদ্যুৎবাহী এবং হাইড্রোজেন ও ধাতুর মৌলিক পদার্থ* সমূহ পরা বা পজিটিভ (Positive) বিদ্যুৎবাহী।

ধাতুকে আবার দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায় ঃ—

(1) লৌহজাত বা ফেরাস (Ferrous) ঃ—অর্থাৎ যাহার মধ্যে লৌহ আছে। যেমন—আয়রণ (Iron), ষ্টীল এবং তাহাদের অ্যালয়।

(2) অ-লৌহজাত বা নন্‌ ফেরাস (Non-Ferrous) ঃ—অর্থাৎ যাহার মধ্যে লৌহ নাই। যেমন—সীসা (Lead), দস্তা (Zinc), তামা (Copper) প্রভৃতি এবং তাহাদের অ্যালয়।

অ্যালয় (Alloy)—দুই বা ততোধিক ধাতুর মিশ্রণে যে উপাদান তৈয়ারী হয় তাহাকে অ্যালয় বলে। সাধারণতঃ একটি বেস মেটালের (Base Metal) (যে ধাতুর ভাগ অ্যালয়ে সর্বাপেক্ষা বেশী) সহিত অল্প পরিমাণ অন্যান্য ধাতু মিশাইয়া ইহা তৈয়ারি করা হয়। যেমন, পিতল (Brass), তামা (Base metal) ও দস্তার (Zinc) অ্যালয়। ষ্টীল, লৌহ ও কারবনের অ্যালয়।

মেসিনশপে ধাতু ও অ্যালয় উভয়কেই সাধারণতঃ ধাতু বলা হয়।

---

* মৌলিক পদার্থ—যে সকল পদার্থ হইতে বিশ্লেষণের ফলে উহা ব্যতীত নূতন ধর্মবিশিষ্ট অন্য কোন পদার্থ পাওয়া যায় না তাহাদিগকে মৌলিক পদার্থ বা মৌল বলে। যথা—স্বর্ণ, লৌহ, গন্ধক, পারদ, অক্সিজেন ইত্যাদি।

উপাদানের যান্ত্রিক ধর্ম (Mechanical Property of Materials)

ষ্ট্রেংথ বা ক্ষমতা (Strength)—ইহার দ্বারা একটি বস্তুর বাহির হইতে প্রযুক্ত বল বা ফোর্সকে (Force) বাধা দিবার ক্ষমতা বোঝায়।

ষ্ট্রেস বা পীড়ন (Stress)—বস্তুর একটি ধর্ম হইতেছে বাহির হইতে প্রযুক্ত বলকে (Force) ভিতর হইতে সমপরিমাণ বাধা প্রদান করা। বস্তুর এই বাধা প্রদান করিবার ধর্মকে ষ্ট্রেস বলে। বাহিরে প্রযুক্ত বলের দ্বারা ইহার পরিমাপ করা হয়। ষ্ট্রেস সাধারণতঃ তিন প্রকার—টেনসন (Tension), কম্প্রেসন (Compression) ও শিয়ার (Shear)।

একক ক্ষেত্রের (unit area) উপর প্রযুক্ত বলের দ্বারা ষ্ট্রেসের পরিমাপ করা হয়। ইহা অনুপ্রস্থ ছেদক্ষেত্রের (cross-section) উপর প্রযুক্ত ভারকে (Load) ছেদক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল (cross-sectional area) দ্বারা ভাগ করিলে পাওয়া যায়।

টেনসাইল ষ্ট্রেস (Tensile Stress)—যখন কোন বস্তুর প্রান্তদ্বয়ে সমপরিমাণ অথচ বিপরীতমুখী বল (Force) প্রয়োগ করা হয়, তখন এই বল তাহাদের প্রয়োগ রেখার (line of actions) লম্বতলে যে ষ্ট্রেস বা পীড়ন উৎপন্ন করে তাহাকে টেনসাইল ষ্ট্রেস ও এই বল বা ফোর্সকে (Force) টেনসাইল ফোর্স বলে।

কম্প্রেসিভ ষ্ট্রেস (Compressive Stress)—যখন বিপরীত প্রান্তে প্রযুক্ত দুই প্রস্থ (Sets) বল (Force) পরস্পর পরস্পরের দিকে প্রযুক্ত হইয়া একটি বস্তুকে চাপিয়া চূর্ণ করিয়া দিতে সচেষ্ট হয়, তখন প্রযুক্ত বল সকলকে কম্প্রেসিভ ফোর্সেস এবং এই বল সকলকে বস্তু অভ্যন্তর হইতে যে বাধা প্রদান করে তাহাকে কম্প্রেসিভ ষ্ট্রেস বলে।

শিয়ারিং ষ্ট্রেস (Shearing Stress)—কোন বস্তুর উপর যখন একজোড়া সমান, সমান্তরাল অথচ বিপরীতমুখী বল (Forces) কাজ করে, তখন বস্তুটিকে কাঁচির ন্যায় কাটিবার প্রবণতা দেখা যায়। এইভাবে প্রযুক্ত বলকে শিয়ারিং ফোর্স (Shearing Force) এবং ইহার ফলে বস্তুর অভ্যন্তরে প্রয়োগরেখার সমান্তরাল ছেদক্ষেত্রে প্রযুক্ত বলকে বাধা

দিবার যে ক্ষমতা জন্মায় তাহাকে শিয়ারিং ষ্ট্রেস (Shearing Stress) বলে।

টরসনাল ষ্ট্রেস (Torsional Stress)—একটি সাফ্‌টকে যদি মোচ্‌ড়ান (Twist) যায় তাহা হইলে পাশাপাশি দুইটি ছেদক্ষেত্রের মধ্যে যে শিয়ারিং ষ্ট্রেস উৎপন্ন হয়, তাহাকে টরসনাল ষ্ট্রেস বলে।

বিকৃতি বা ষ্ট্রেন (Strain)—বস্তু মধ্যে পীড়ন বা ষ্ট্রেস উৎপন্নের ফলে বস্তুর যে বিকৃতি দেখা দেয়, তাহার পরিমাপকে ষ্ট্রেন বলে।

স্থিতিস্থাপকতা বা ইলাস্‌টিসিটি (Elasticity)—কোন বস্তুতে বল (Force) প্রযুক্ত হইলে বস্তুটি বিকৃত হয়। এই বিকারী বল সরাইয়া লইলে বস্তুটি পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসে। বস্তুর উপর বিকারী বল সরাইয়া লইলে যে ধর্মের সাহায্যে বস্তুটি পূর্বাবস্থা লাভ করে, তাহাকে স্থিতিস্থাপকতা (Elasticity) বলে।

পরীক্ষা দ্বারা স্বীকৃত হইয়াছে যে একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে বস্তুর বিকৃতির পরিমাণ প্রযুক্ত বিকারী বলের আনুপাতিক হয়। উহাকে হুকের নিয়ম (Hooke's Law) বলে।

অর্থাৎ $\frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$ = ধ্রুবক (constant)। এই ধ্রুবককে **মডিউলাস বা কোয়িফিশ্‌ণ্ট অফ ইলাস্‌টিসিটি** (Modulus or Coefficient of Elasticity) বলে।

প্রোপোরসনাল লিমিট (Proportional Limit)—প্রযুক্ত বিকারী বলের পরিমাণ যে সীমা অতিক্রম করিলে প্রযুক্ত বিকারী বলের অনুপাতে বস্তুর বিকৃতি অধিক হয়, অর্থাৎ যে সীমার বাহিরে হুকের নিয়ম কার্যকরী হয় না, তাহাকে প্রোপোরসনাল লিমিট বলে।

স্থিতিস্থাপকতার সীমা বা ইলাস্‌টিক লিমিট (Elastic limit)—প্রযুক্ত বিকারী বলের পরিমাণ যে সীমা অতিক্রম করিলে বস্তুর উপর হইতে প্রযুক্ত বিকারী বল অপসৃত করিলেও বস্তুটি পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসে না, তাহাকে স্থিতিস্থাপকতার সীমা বা ইলাস্‌টিক লিমিট বলে।

ইল্ড পয়েণ্ট (Yield Point)—প্রযুক্ত বিকারী বলের পরিমাণ যে সীমা অতিক্রম করিলে প্রযুক্ত বিকারী বলের সামান্যতম বৃদ্ধিতে বস্তুটির এত অধিক পরিমাণ বিকৃতি ঘটে যে বস্তুটি শেষ পর্যন্ত ছিঁড়িয়া বা ভাঙিয়া যায়, তাহাকে ইল্ড পয়েণ্ট বলে।

ফেটিগ (Fatigue)—একটি বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল যখন ইল্ড পয়েণ্ট ছাড়াইয়া যায়, তখন বস্তুটি ভাঙ্গিয়া যায়, কিন্তু একটি বস্তু ইল্ড পয়েণ্টের অনেক কম বলে (Force) ভাঙিয়া যাইতে পারে যদি প্রযুক্ত বলটি একাদিক্রমে প্রয়োগ না করিয়া পুনঃ পুনঃ প্রয়োগ করা হয় ও তুলিয়া লওয়া হয়। এইরূপে বস্তু যে ভাঙিয়া যায়, তাহাকে ফেটিগ ফেলিওর (Fatigue Failure) বলে।

প্রসার্যতা বা তান্তবতা বা ডাক্টিলিটি (Ductility)—যে ধর্মের ফলে একটি ধাতুখণ্ডের উপর টান শক্তি (Tensile or Pulling Force) প্রয়োগ করিলে ধাতু খণ্ডটি ছিন্ন না হইয়া দীর্ঘ হয়, তাহাকে প্রসার্যতা বা ডাক্টিলিটি বলে।

কঠিনতা বা হার্ডনেস (Hardness)—কাটিয়া কিংবা আঁচড় দিয়া ধাতুকে ভেদ করিতে যে পরিমাণ বাধা অনুভূত হয়, তাহাকে কঠিনতা বলে।

ঘাত-সহতা বা ম্যালিয়েবিলিটি (Malleability)—ভাঙিয়া বা ফাটিয়া না গিয়া চাপ, হাতুড়ীর আঘাত অথবা রোলিং (Rolling)-এর ফলে ধাতুর স্থায়ীভাবে আকৃতি পরিবর্তনের ধর্মকে ঘাত-সহতা বা ম্যালিয়েবিলিটি বলে।

দুশ্ছেদ্যতা বা টাফ্‌নেস (Toughness)—যে ধাতুকে ছিন্ন না করিয়া যত বেশীবার ক্রমান্বয়ে সম্মুখে ও পশ্চাতে বাঁকান যায়, সেই ধাতুকে ততবেশী দুশ্ছেদ্য ধাতু বলে।

ভঙ্গুরতা বা ব্রিট্‌ল্‌নেস (Brittleness)—ধাতুর আকার স্থায়ীভাবে অধিক পরিবর্তিত না হইয়া ভাঙিয়া যাইবার যে ধর্ম, তাহাকে ভঙ্গুরতা বলে।

টেনাসিটি (Tenacity)—টানিয়া লম্বা বা ছিন্ন করিবার প্রচেষ্টাকে ধাতু খণ্ডের বাধা দিবায় যে ক্ষমতা তাহাকে টেনাসিটি বলে।

মেসিনেবিলিটি (Machinebility)—একটি উপাদানকে কতটা সহজে মেসিনে কাটা যায় তাহার পরিমাপকে মেসিনেবিলিটি বা মেসিনে কর্তিত হইবার যোগ্যতা বলে। যেমন, কাষ্ট আয়রণ তামা অপেক্ষা শক্ত কিন্তু কাষ্ট আয়রণ ভঙ্গুর বলিয়া অপেক্ষাকৃত ডাক্টাইল বা তান্তব তামা অপেক্ষা সহজে কাটে।

লৌহজাত ধাতু (Ferrous Metals)

লৌহ বা আয়রণ (Iron)—খনি হইতে অবিশুদ্ধ অবস্থায় মাটি পাথর প্রভৃতির সহিত মিশ্রিতভাবে যে লৌহ পাওয়া যায় তাহাকে লৌহ আকরিক (Iron Ore) বলে। লৌহের প্রধান প্রধান আকরিক হইতেছে—

আকরিকের নাম	রাসায়নিক গঠন	শতকরা অংশ	প্রাপ্তিস্থান
রেড হেমেটাইট (Red hematite)	অ্যানহাইড্রাস ফেরিক অক্সাইড (Anhydrous ferric oxide)	60 ভারতে 64পর্যন্ত পাওয়া যায়	ভারতে সর্বোৎকৃষ্ট। ইহাছাড়া স্পেন, আমেরিকা, জার্মান, কানাডা
ম্যাগনেটাইট (Magnetite)	ব্ল্যাক অক্সাইড অব আয়রণ (Black Oxide of Iron)	62	নরওয়ে, সুইডেন
প্যাথিক লৌহ খনিজ (Pathic Iron ore)	ফেরাস কার্বনেট	35	ডারহাম, ইয়র্কশায়ার, ডার্বি, সামারসেট, ওয়েল্‌স, স্কটল্যাণ্ড
ব্রাউন হেমেটাইট (Brown hematite)	হাইড্রেটেড ফেরিক অক্সাইড (Hydrated ferric oxide)	42	লিঙ্কনশায়ার, স্পেন, ফ্রান্স, জার্মানি
আয়রণ ষ্টোন	ফেরাস কার্বনেট	33	ইংল্যাণ্ড, ওয়েল্‌স, স্কটল্যাণ্ড, জার্মানি, রাশিয়া, হাঙ্গারী
আয়রণ পাইরাইটিস (Iron Pyrites)	আয়রণ সালফাইড	30	ভারতবর্ষ, জার্মান

আমরা সাধারণতঃ যে সমস্ত লৌহ বা লৌহের বস্তু দেখি, উহারা বিশুদ্ধ লৌহ নহে। ফেরাইট (Ferrite) নামে পরিচিত বিশুদ্ধ লৌহ খুব নরম এবং কাটিতে যাইলে বিশ্রীভাবে ছিঁড়িয়া ছিঁড়িয়া যায় এবং ফিনিস ভাল হয় না। ফলে, ইহা দ্বারা কদাচিৎ কোন বস্তু নির্মিত হয়। সর্বদাই লৌহের সহিত সামান্য পরিমাণ কারবন ও অন্যান্য মৌলিক পদার্থ মিশ্রিত থাকে। লৌহের ধর্ম ও প্রকৃতি মিশ্রিত কারবনের উপর নির্ভর করে। লৌহের মধ্যে কারবনের ভাগ যত বেশী হইবে উহা তত‌ই কঠিন ও ভঙ্গুর হইবে। কারবনের পরিমাণ অনুযায়ী লৌহকে মোটামুটি তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত

করা যায়—কাষ্ট আয়রণ (Cast Iron) বা ঢালাই লোহা, রট আয়রণ (Wrought Iron) বা পেটা লোহা এবং ষ্টীল (Steel) বা ইস্পাত।

পিগ আয়রণ (Pig Iron) বা কাঁচা লোহা প্রস্তুতি—দুইটি ধাপে এই নিষ্কাশন করা হয়—(1) ভস্মীকরণ (2) বিগলন

ভস্মীকরণ (Calcination)—একত্র স্তূপীকৃত লৌহ আকরিককে অল্প কয়লায় পোড়াইয়া বাতাসের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে আকরিক হইতে সংশ্লিষ্ট জল এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া যায় এবং খনিজ পাথর বা আকরিকগুলি অনেকটা হালকা ও ঝাঁঝরা হয়।

(2) **বিগলন বা স্মেলটিং** (Smelting)—ঝাঁঝরা খনিজগুলিকে কয়লা (Coke) ও চুনাপাথরের (Limestone) সহিত মিশাইয়া ব্লাষ্ট ফারনেসে 1500 ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে ধাতুমল আলাদা হইয়া গিয়া গলিত লৌহের উপর ভাসিতে থাকে। উপর হইতে ধাতুমল (Slag) বাহির করিয়া লইয়া ফেলিয়া দেওয়া হয় ও তলা হইতে গলিত লৌহ বাহির করিয়া লইয়া পিগ নামে পরিচিত প্রায় 3 ফুট লম্বা 3 বা 4 ইঞ্চি চওড়া বালির ছাঁচে ঢালা হয়। এইজন্য ইহাকে পিগ আয়রণ বলে।

এক টন পিগ আয়রণ তৈয়ারি করিতে মোটামুটি 40 হন্দর আকরিক লৌহ 20 হন্দর কোক এবং 8 হন্দর চুনাপাথর (Limestone) লাগে।

পিগ আয়রণ, 'আয়রণ ওর' অপেক্ষা শুদ্ধ বটে, কিন্তু বেশী শুদ্ধ নয় বলিয়া ইহার শক্তি খুব কম। এইজন্য, ইহাদ্বারা কোন কিছু তৈয়ারী হয় না। অন্যান্য আয়রণ বা ষ্টীল তৌয়ারি করিতে মূল উপাদান হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

যে পিগ আয়রণকে ষ্টীল প্রস্তুতে ব্যবহার করা হয় তাহাকে পিগ-এ বা ছাঁচে না ঢালিয়া সোজা ছোট ছোট এক প্রকার গাড়ী (ladles) করিয়া ধাতু মিশাইবার যন্ত্রে (Metal Mixer) এবং সেখান হইতে কনভারটার (Converter) বা ষ্টীল ফারনেসে পাঠান হয়।

পিগ আয়রণে শতকরা 3·2 হইতে 3·9 ভাগ কারবন থাকে—এর মধ্যে শতকরা 3 ভাগ গ্র্যাফাইট বা মুক্তভাবে এবং অবশিষ্টাংশ রাসায়নিক ভাবে যুক্ত (Chemically combined) থাকে।

বিভিন্ন শ্রেণীর পিগ আয়রণ :—

বিভিন্ন শ্রেণীর পিগ আয়রণ—বিভিন্ন প্রকারের কার্যের চাহিদা

মিটাইবার জন্য সাধারণতঃ নিম্নলিখিত ছয় প্রকারের পিগ আয়রণ প্রস্তুত হইয়া থাকে। ইহার মধ্যে প্রথম চারি প্রকার গ্রে আয়রণ নামে পরিচিত এবং ঢালাই করিতে ব্যবহৃত হয়। উহার মধ্যে কারবন মুক্ত অবস্থায় অর্থাৎ গ্র্যাফাইট রূপে থাকে। যে লৌহের মধ্যে গ্র্যাফাইটের পরিমাণ যত অধিক থাকিবে তাহার দানা তত বড় ও স্পষ্ট হইবে। সেইজন্য গ্রে আয়রণের দানা বড় এবং স্পষ্ট।

১নং—ভগ্ন অবস্থায় ইহার ভিতর অংশ গাঢ় ধূসর (Dark Grey) এবং খুব বেশী পরিমাণে গ্র্যাফাইট থাকায় দানা বা কৃষ্টালগুলির গঠন বড ও স্পষ্ট দেখায়। গলিত অবস্থায় ইহা খুব তরল হয়—ফলে, ইহাতে সূক্ষ্ম কারুকার্য বিশিষ্ট ঢালাই ভাল হয়। কিন্তু ইহার ক্ষমতা বা ষ্ট্রেংথ (Strength) খুব কম।

২নং—ইহা ১ নং অপেক্ষা হাল্কা বর্ণের এবং দানাগুলি ১ নং অপেক্ষা ছোট। গলিত অবস্থায় ইহা ১ নং-এর ন্যায় তরল হয় না, কিন্তু ইহা ১ নং অপেক্ষা কঠিন ও অধিক ক্ষমতা সম্পন্ন।

৩নং—ইহার বর্ণ আরো হালকা এবং দানাগুলি মিহি। ইহাতে গ্র্যাফাইট খুব কম পরিমাণে থাকে। গলিত অবস্থায় ইহা ২ নং অপেক্ষাও কম তরল হয় কিন্তু ইহার টেনাসিটি ও কঠিনতা ২ নং অপেক্ষা অধিক। ইহা ঢালাই কাজে খুব বেশী রকম ব্যবহৃত হয় এবং ভারী ঢালাই-এর পক্ষে ইহা বিশেষ উপযোগী।

৪ নং—ইহার বর্ণ ৩ নং অপেক্ষাও হাল্কা এবং ইহার অধিকাংশ কারবন রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত থাকায় দানাগুলি খুব মিহি। ইহা অত্যন্ত কঠিন ও ক্ষমতা সম্পন্ন হওয়ায় যে সকল ঢালাইকে মেসিন করিবার অর্থাৎ কাটিবার প্রয়োজন থাকে না, সেই সকল ঢালাইয়ে ব্যবহৃত হয়।

৫ নং—ইহা মটল্ড (Motled) আয়রণ নামে পরিচিত এবং হোয়াইট আয়রণ ও গ্রে আয়রণের মধ্যবর্তী ধাপ। ভগ্ন অবস্থায় হোয়াইট আয়রণের পশ্চাৎপটের উপর ধূসর বর্ণ ছিটানো থাকিলে যেরূপ দেখায়, সেইরূপ দেখায়। ইহা অত্যন্ত শক্ত। খুব শক্ত ঢালাইয়ের জন্য—যেমন,—ইঞ্জিন সিলিণ্ডার—অল্প পরিমাণ মটল্ড আয়রণ মিশাইয়া লওয়া হয়।

৬ নং—ইহা হোয়াইট আয়রণ নামে পরিচিত এবং অত্যন্ত কঠিন ও ভঙ্গুর। ইহার সমস্ত কারবন রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত অবস্থায় থাকায়, ইহার দানা খুব মিহি ও সাদা বর্ণের। ইহা অপেক্ষাকৃত কম উত্তাপে গলে কিন্তু

ঢালাই করিতে হইলে যতটা তরল হওয়া প্রয়োজন ততটা তরল হয় না সেইজন্য ইহা ঢালাই কার্যে ব্যবহৃত হয় না। ইহা কেবল মাত্র রট আয়রণ প্রস্তুতে মূল উপাদানরূপে ব্যবহৃত হয়।

কাষ্ট আয়রণ (Cast Iron) **বা ঢালাই লোহার প্রস্তুতি ঃ**—পূর্ব বর্ণিত উপায়ে প্রাপ্ত পিগ আয়রণের খণ্ড, কয়লা ও চুনাপাথর পর পর স্তরে সজ্জিত করিয়া কিউপোলা নামে পরিচিত চুল্লী বা ফারনেসে (Furnace) গলান হয়। গলিত অবস্থায় ধাতু ও ধাতুমল আলাদা হইয়া যায় এবং ধাতুমল (Slag) হালকা হওয়ায় ধাতুর উপরে ভাসিতে থাকে। কিউপোলার পশ্চাৎদিকে অবস্থিত একটি নির্গম পথ দিয়া ধাতুমল সকল সময় বাহির হইয়া একটি পাত্রে সঞ্চিত হইতে থাকে। অপর একটি নির্গম পথে একটি কল বসান থাকে। কিছুক্ষণ অন্তর সেই কল খুলিয়া একটি বিরাট লাড্‌লে (Laddle) কাষ্ট আয়রণ সংগৃহীত হয় এবং প্রয়োজনীয় ছাঁচে ঢালিয়া ঢালাই করা হয়। এইরূপে পিগ আয়রণকে পরিশুদ্ধ করিয়া কাষ্ট আয়রণ তৈয়ারী হয়।

একটন পিগ আয়রণের সহিত সাধারণতঃ $2\frac{1}{2}$ হন্দর কোক ও $2\frac{1}{2}$ হন্দর চুনা পাথর লাগে।

কাষ্ট আয়রণের ধর্ম্ম ঃ—কাষ্ট আয়রণের মধ্যে কারবনের ভাগ (2·5% থেকে 3·6%) অধিক থাকায় ইহা অত্যন্ত শক্ত। ইহাকে বাঁকান সম্ভব হয় না এবং আকস্মিক কম্পন (Shock) বা হাতুড়ীর আঘাতে ভাঙ্গিয়া যায়। ইহা টান (Tensile Force) সহ্য করিতে পারে না। কিন্তু চাপ (Compressive Force) সহ্য করিবার ক্ষমতা অত্যধিক। চিপিং করিলে ইহা ছোট ছোট টুক্‌রা হইয়া বাহির হয়। ইহাকে পেটাই করা যায় না। ইলেকট্রিক বা অক্সি অ্যাসিটিলিন ওয়েল্ডিং করা চলে। ইহাকে টেম্পার দেওয়া যায়না বা স্থায়ী চুম্বক করা যায় না। ইহাতে সহজে মরিচা পড়ে না। হোয়াইট কাষ্ট আয়রণ প্রায় 1150° সেন্টিগ্রেড এবং গ্রে কাষ্ট আয়রণ প্রায় 1260° সেন্টিগ্রেড তাপে গলে। জল অপেক্ষা ইহা 7·22 গুণ ভারী এবং ইহার প্রতি ঘন ইঞ্চি (Cubic Inch) আয়তনের ওজন 0.261 পাউণ্ড। গরম হইতে ঠাণ্ডা অবস্থায় আসিতে ঢালাই অনুসরে কাষ্ট আয়রণ $\frac{3}{32}$ হইতে $\frac{1}{8}$ ইঞ্চি পর্যন্ত সঙ্কুচিত হয়। ইঞ্জিনের সিলিণ্ডার, পিষ্টন, পিষ্টন রিং, ফ্লাই হুইল, মেসিনের বেড এবং বডি, বারান্দার রেলিং, থাম, ব্রাকেট, জলের পাইপ ইত্যাদি প্রস্তুত করিতে কাষ্ট আয়রণ প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

ঢালাই পদ্ধতি (Casting Process)—গলিত ধাতুকে একটি ছাঁচে (Mould) ঢালিয়া ঠাণ্ডা হইতে দিলে কঠিন অবস্থায় উহা ছাঁচের আকৃতি লয়। এই প্রকারে বস্তুর আকৃতি দিবার যে পদ্ধতি তাহাকে ঢালাই (Casting) বলে।

যে আকৃতির বস্তু তৈয়ারি করিতে হইবে সেই অকৃতির একটি কাঠের বা ধাতুর প্যাটার্ণ তৈয়ারি করা হয়। বালির মধ্যে প্যাটার্ণ বসাইয়া যে বস্তু ঢালাই করিতে হইবে, তাহার একটি আকৃতি বালিতে তৈয়ারী করা হয়। ইহাকে ছাঁচ (Mould) বলে। অবশ্য ধাতুর স্থায়ী ছাঁচও সময় বিশেষে ব্যবহার করা হয়।

কাষ্ট আয়রণ অপেক্ষাকৃত কম তাপে গলে বলিয়া এবং গলিত অবস্থায় অধিক তরল হয় বলিয়া লৌহজাত ধাতুর মধ্যে কাষ্ট আয়রণই ঢালাই-এর কাজে অধিক ব্যবহৃত হয়।

সেমি-ষ্টীল কাষ্টিং (Semi-steel Casting)—পিগ আয়রণের সহিত রট আয়রণ বা নরম পুরাণ ষ্টীল বিভিন্ন অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া যে ঢালাই করা হয়, তাহাকে সেমি-ষ্টীল কাষ্টিং বলে।

চিল কাষ্টিং (Chill Casting)—যখন কোন ঢালাই-এর উপরিভাগ অভ্যন্তর অপেক্ষা অনেক দ্রুত ঠাণ্ডা করা হয়, তখন ঢালাই-এর উপরিভাগ অত্যন্ত কঠিন হয়। এই প্রকার কাষ্টিংকে চিল কাষ্টিং বলে। সাধরণতঃ ধাতুর ছাঁচে ঢালিয়া ইহা করা হয়। ছাঁচে ঢালিবার পর ঢালাই বস্তুটিকে যদি ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা না কবিয়া দ্রুত ঠাণ্ডা করা যায়, তাহা হইলে ঢালাইটি অত্যন্ত শক্ত হইয়া যায়। এই প্রকার ঢালাইকে চিল কাষ্টিং বলে। সাধারণতঃ ঢালাই লোহা ধাতুর ছাঁচে ঢালিয়া ইহা করা হয়। এই প্রকার ঢালাই বাটালি সাহায্যে কাটা একরূপ দুঃসাধ্য।

রোলিং মিলের রোল বা যে সকল বস্তু অত্যন্ত শক্ত ও ক্ষয় প্রতিরোধক (Wear-resisting) হওয়া দরকার সেই সকল বস্তু এই প্রকারে ঢালাই করা হয়।

ষ্টীল-কাষ্টিং (steel Casting) :—ইলেকট্রিক বা গ্যাস ফারনেসে ষ্টীল গলাইয়া, গলিত ষ্টীল মোল্ডে ঢালিয়া ষ্টীল কাষ্টিং করা হয়।

অ্যালয় কাষ্টিং (Alloy Casting)—অ্যালয় কাষ্টিং-এ বিভিন্ন মাত্রায় নিকেল, ক্রোমিয়াম, সিলিকন এবং মলিবডিনাম বর্তমান থাকে। এই

প্রকার কাষ্টিং মোটর গাড়ীর পার্টস নির্মাণে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

রট আয়রণ (Wrought Iron) **বা পেটাই লোহাঃ**—প্রচলিত বিভিন্ন প্রকার লৌহের মধ্যে ইহা সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ ও নরম। ইহাতে সর্বাধিক ·15% কারবন থাকে। পাড্‌লিং (Puddling) বা রিভারবারেটরী (যাহা প্রতিফলিত করে) ফারনেসে (Reverberatory Furnaee) পিগ আয়রণ হইতে কারবন ও অন্যান্য অপ্রয়োজনীয় উপাদান অপসারিত করিয়া ইহা উৎপন্ন করা হয়।

রট আয়রণের ধর্ম—রট আয়রণের মূল্য সাধারণ কারবন ষ্টীল অপেক্ষা অধিক। কিন্তু ইহার অত্যন্ত প্রয়োজনীয় তিনটি গুণের জন্য ইহার চাহিদা আছে। রট আয়রণের সহিত যে ধাতুমল (Slag) থাকে তাহা রট আয়রণকে ক্ষয় রোধের ক্ষমতা দেয়। ইহার শক (Shock) ও ফেটিগ (Fatigue) সহ্য করিবার ক্ষমতা অত্যধিক এবং লো-কারবন ষ্টীল অপেক্ষা ইহাকে ভালভাবে মেসিনে কাটা যায়।

ভগ্ন অবস্থায়, রট আয়রণের ভিতরকার গঠন আঁশ যুক্ত (Fibrous) এবং রেশমের ন্যায় জ্যোতি যুক্ত নীলবর্ণ দেখায়। অধিক উত্তাপে কাষ্ট আয়রণের ন্যায় গলিয়া না গিয়া একটু তলতলে হয় এবং কাষ্ট আয়রণের ন্যায় আঘাতে ইহা ভাঙ্গিয়া যায় না। ফলে ইহাকে উত্তমরূপে ফোর্জিং ও ওয়েল্ডিং করা যায়। একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত রট আয়রণকে যতবার ফোর্জিং করা হইবে উহার শক্তি তত বৃদ্ধি পাইবে। রট আয়রণকে ঠাণ্ডা এবং গরম উভয় অবস্থাতেই বাঁকান, পাত করা বা টানিয়া সরু করা যায়। ইহাতে কারবনের ভাগ কম বলিয়া ইহাকে টেম্পার দেওয়া যায় না। ইহা দ্বারা অস্থায়ী চুম্বক করা চলে। ইহাতে কাষ্ট-আয়রণ অপেক্ষা দ্রুত মরিচা পড়ে। রট আয়রণ প্রায় 1600° সেন্টিগ্রেড তাপে গলে। ইহা জল অপেক্ষা 7·7 গুণ ভারী এবং ইহার এক ঘন ইঞ্চি আয়তনের ওজন প্রায় 0·278 পাউণ্ড। ইহাদ্বারা বীম (Beam), গার্ডার (Girder) অ্যাঙ্গল (Angle), রড (Rod) বার (Bar), পাত (Sheet), তার (Wire) প্রভৃতি তৈয়ারী হয়।

ম্যালিয়েব্‌ল কাষ্ট আয়রণ (Malleable Cast Iron)

লৌহের সহিত যত বেশী পরিমাণে কারবন মিশ্রিত থাকিবে লৌহ ততই ভঙ্গুর হইবে। কাষ্ট-আয়রণ গ্র্যাফাইট বা মুক্ত কারবনের আঁশে ভর্তি থাকার

ফলে কাষ্ট আয়রণ এত ভঙ্গুর। কাষ্ট-আয়রণে ঢালাই করিয়া বস্তু নির্মাণের পর তাহা হইতে যদি কারবন অপসারিত করা যায়, তাহা হইলে রট আয়রণ পড়িয়া থাকিবে—এবং বস্তুটি ডাক্‌টাইল হইবে। এই প্রকারে কাষ্ট আয়রণকে যখন ডাক্‌টাইল করা হয় তখন তাহাকে ম্যালিয়েব্‌ল কাষ্ট আয়রণ বলে। কিন্তু একটি বস্তু ঢালাই করিয়া সম্পূর্ণ তৈয়ারী হইয়া যাইবার পর, যে পদ্ধতিতে রট আয়রণ প্রস্তুত হয় সেই পদ্ধতিতে ঢালাই বস্তুর কাষ্ট আয়রণকে রট আয়রণে পরিবর্তিত করা যায় না।

ম্যালিয়েব্‌ল কাষ্টিং পদ্ধতি :—

যে কাষ্ট-আয়রণে অধিকাংশ কারবন যৌগিক ভাবে মিশ্রিত অবস্থায় থাকে সেই প্রকারের কাষ্ট আয়রণে বস্তুটিকে প্রথমে ঢালাই করা হয়। বস্তুগুলিকে আয়রণ বা ষ্টীলের তৈয়ারী বাক্সে ভর্তি করিয়া তাহার চতুষ্পার্শ্বে ব্যবহৃত এবং নূতন হেমেটাইট আকরিক (Haematite Ore) পূর্ণ করা হয়। বাক্সটিকে 900°--950° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করা হয় এবং এই উত্তাপে কয়েকদিন রাখা হয়। এই সময়ের মধ্যে কাষ্টিং-এর কিছু কারবন জারিত (Oxidised) হইয়া বাহির হইয়া যায় এবং অবশিষ্ট কারবনের আঁশ ভাঙ্গিয়া ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দুরূপে ছড়াইয়া পড়ে। উত্তপ্ত করিবার পর বস্তুটিকে ধীরে ধীরে কয়েকদিন ধরিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। ফলে, বস্তুটি টাফ এবং ডাক্‌টাইল হয়। ম্যালিয়েব্‌ল কাষ্টিং-এর টেনসাইল ষ্ট্রেন্থ হইতেছে 26 টন প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে।

ইস্পাত বা ষ্টীল প্রস্তুতি (Steel making Process) :—

ষ্টীল লৌহ (Iron) এবং কারবন বা লৌহ, কারবন ও অন্যান্য মৌলিক পদার্থের সংমিশ্রণে গঠিত এক প্রকার অ্যালয় (Alloy) বা যৌগিক পদার্থ, যাহাকে হঠাৎ ঠাণ্ডা করিয়া শক্ত করা যায়।

কারবনের পরিমাণ বিবেচনায় ষ্টীলকে রট আয়রণ এবং কাষ্ট-আয়রণের মধ্যস্থানীয় বলা যায়। রট আয়রণের সহিত কারবন মিশাইয়া বা কাষ্ট আয়রণ হইতে কারবন বিদূরিত করিয়া পুনরায় উহাতে আবশ্যকমত কারবন যোগ করিয়া ইহা উৎপন্ন করা হয়। ষ্টীলে কারবনের পরিমাণ 0·2% পর্যন্ত থাকিলে মাইল্ড ষ্টীল বা লো-কারবন ষ্টীল, 0·2% হইতে 0·5% পর্যন্ত থাকিলে মিডিয়াম কারবন ষ্টীল ও 0·5 হইতে 1·6% পর্যন্ত থাকিলে হাই-কারবন ষ্টীল বলে।

বিসিমার ষ্টীল (Bessemer Steel) :—

বিসিমার পদ্ধতিতে তৈয়ারী ষ্টীল। এই পদ্ধতিতে ইস্পাত বা পেটা লোহার তৈয়ারী এবং ডিম্বাকৃতিবিশিষ্ট 'বিসিমার কনভারটার' নামে পরিচিত এক বিশেষ ধরণের চুল্লী ব্যবহৃত হয়। বিসিমার সাহেব এই পদ্ধতিতে লৌহ নির্মাণ মাদ্রাজের লৌহকারদের নিকট শিক্ষা করেন এবং গত শতাব্দীর মধ্য-ভাগে নিজের নামানুসারে ইংলণ্ডে ইহার প্রবর্তন করেন। এই প্রকারের ষ্টীল নরম হয়। বিভিন্ন প্রকার ষ্ট্রাক্‌চারাল (Structural) কাজে ও বার (Bar), অ্যাঙ্গল (Angle), টী (Tee) ইত্যাদি তৈয়ারী করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

সিমেণ্টেসন প্রণালীতে ব্লিষ্টার-ষ্টীল (Blister steel by Cementation Process) :—উচ্চ শ্রেণীর রট আয়রণের টুকরাগুলিকে অগ্নি-সহ ইষ্টকের (Fire Bricks) বাক্সে কোক চূর্ণের ভিতর রাখিয়া সিমেণ্টেসন চুল্লীতে লোহিত তপ্ত করা হয়। এইভাবে প্রায় দুই সপ্তাহ থাকিলে লৌহ খানিকটা কারবন শোষণ করে এবং ফোস্কা বা ব্লিষ্টার যুক্ত এক প্রকার উত্তম ষ্টীলে পরিণত হয়।

শিয়ার ষ্টীল (Shear Steel) :—ব্লিষ্টার ষ্টীলের টুকরা স্তূপীকৃত করিয়া উত্তপ্ত করা হয় এবং বোরাক্স ও বালির ফ্লাক্স (Flux) যোগ করা হয়। উত্তপ্ত টুকরাগুলির রং সাদা হইলে উহাকে হাতুড়ী দ্বারা পিটাইয়া (Hammering) টুকরাগুলিকে পরস্পরের সহিত যুক্ত (Welding) করা হয় এবং রোলিং করিয়া লম্বা বারে (Bar) পরিণত করা হয়। এই প্রকার ষ্টীলকে সিঙ্গল শিয়ার ষ্টীল (Single Shear Steel) বলে।

যখন আরো উচ্চশ্রেণীর ষ্টীলের প্রয়োজন হয় তখন এই সিঙ্গল শিয়ার ষ্টীলকে খণ্ড খণ্ড করিয়া কাটিয়া স্তূপীকৃত করা হয় এবং গরম করিয়া পিটাইয়া ওয়েল্ড করা হয়। পরে ইহাকে রোলিং করিয়া বারে (Bar) পরিণত করা হয়। এই প্রকার ষ্টীলকে ডবল শিয়ার ষ্টীল (Double Shear Steel) বলে।

এই প্রকার ষ্টীল খুব শক্ত। ক্রুসিব্‌ল কাষ্ট ষ্টীল (Crucible Cast Steel), হ্যামারের মুখ ইত্যাদি তৈয়ারীর জন্য যথেষ্ট ব্যবহার হয়।

ক্রুসিব্‌ল ষ্টীল (Crucible Steel)—ব্লিষ্টার ষ্টীলের (Bar) কাটিয়া ছোট ছোট টুকরা করিয়া অগ্নি-সহ মৃত্তিকার (Fire clay) মুচি বা ক্রুসিব্‌লে গলান হয় এবং ফেরো-ম্যাঙ্গানিজ আকারে প্রয়োজনীয় কারবন যোগ করা হয়।

এই প্রকার ষ্টীলকে টুল ষ্টীল বা কাষ্ট ষ্টীল বলে। ইহা খুব শক্ত ষ্টীল। বল বিয়ারিং-এর বল, গিয়ার হুইল, মোটর গাড়ীর পার্টস ও কাটিং টুলস (Cutting tools) তৈয়ারী করিতে ইহা অধিক ব্যবহৃত হয়।

সিমেন্স মার্টিন প্রণালীতে ওপেন হার্থ ষ্টীল (Siemens-Martin Open Hearth Steel) :—সিমেন্স মার্টিন ওপেন-হার্থ চুল্লী হইতেছে অগ্নি-সহ ইষ্টকের (Fire Bricks) তৈয়ারী সমতল প্রশস্ত চতুষ্কোণাকার প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট একটি চুল্লী এবং পরাবর্ত চুল্লীর (Reverberatory Furnace) ন্যায় উপরে একটি নীচু ছাদ থাকে। চুল্লীর উভয় প্রান্তেই গ্যাস প্রবেশ ও নির্গমনের ব্যবস্থা আছে। চুল্লীর অভ্যন্তরে অম্লজাতীয় (Acidic) Sio_2 অথবা ক্ষারজাতীয় (Basic) CaO-MgO আস্তরণ থাকে।

মারুত চুল্লী (Blast Furnace) হইতে পিগ আয়রণ সোজাসুজি সিমেন্স-মার্টিন ওপেন-হার্থ চুল্লীতে লইয়া যাওয়া হয়। উহার সহিত ফ্যাক্টরীর অব্যবহার্য ছাঁটাই ষ্টীল (Scrap) এবং কিছু হিমাটাইট মিশাইয়া দেওয়া হয়। হিমাটাইট (Fe_2O_3) পিগ আয়রণের কারবন, ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন প্রভৃতি জারিত (oxidised) করে। কারবন মনোক্সাইড উড়িয়া যায়। অন্যান্য অক্সাইড আস্তরণের সংস্পর্শে আসিয়া ধাতুমলে পরিণত হয়। এইভাবে পিগ আয়রণের অপদ্রব্য দূর হইলে, প্রয়োজনীয় পরিমাণ স্পাইজেল (অল্প লৌহের সহিত কারবন, ম্যাংগ্যানিজ প্রভৃতি নির্দিষ্ট পরিমাণে মিশাইয়া গলান হয়। এই মিশ্রণটি ঠাণ্ডা করিয়া রাখিয়া দেওয়া হয় এবং ইহাকে স্পাইজেল বলে।) উহাতে দেওয়া হয় এবং আরো উত্তপ্ত করিয়া উহাকে উত্তমরূপে মিশাইয়া লওয়া হয়। সমস্ত প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন করিতে প্রায় ৮-১০ ঘণ্টা সময় লাগে। ষ্টীল গলিত অবস্থায় বাহির করিয়া ছাঁচে ঢালা হয়।

বিসিমার ষ্টীল অপেক্ষা সিমেন্স-মার্টিন ষ্টীল অনেক উৎকৃষ্ট।

বৈদ্যুতিক পদ্ধতি (Electric Process) :—বৈদ্যুতিক চুল্লী (Electric Furnace) দেখিতে গোলাকার এবং ষ্টীল নির্মিত। ইহা এরূপভাবে বসান থাকে যাহাতে ইহাকে হেলাইয়া ধাতুমল ঢালিয়া ফেলা যায়। ইহার ছাদ খিলানাকৃতির ও ভিতরে চতুষ্পার্শ প্রতিক্ষিপ্ত ইষ্টকের (Refractory bricks) আস্তরণযুক্ত। ধাতু ও ধাতুমল ঢালিয়া বাহির করিবার জন্য এবং মশলা (charge) চুল্লীর অভ্যন্তরে ঢালিবার জন্য ইহাতে তিন বা ততোধিক

গর্ত থাকে। খিলানের ভিতর দিয়া সাধারণতঃ 17 ইঞ্চি ব্যাসবিশিষ্ট ও 6 ফুট লম্বা কারবনের ইলেকট্রোড প্রবেশ করান থাকে।

বৈদ্যুতিক চুল্লীতে ষ্টীল উৎপাদন করিতে অত্যন্ত খরচ পড়ে। সেইজন্য অতি অল্প পরিমাণ ষ্টীল এই পদ্ধতিতে তৈয়ারি করা হয়। কিন্তু এই পদ্ধতিতে তৈয়ারী ষ্টীল অন্য সকল প্রকার ষ্টীল অপেক্ষা শ্রেষ্ঠ। এরোপ্লেন, মোটর গাড়ী প্রভৃতির পার্টস, বিয়ারিং, চুম্বক, ইঞ্জিন ভাল্ব প্রভৃতি জিনিস যেখানে উৎকৃষ্ট জাতের ষ্টীল লাগে সেখানে এই পদ্ধতিতে নির্মিত ষ্টীল ব্যবহৃত হয়।

মাইল্ড ষ্টীল (Mild Steel)—যে কারবন ষ্টীলকে সাধারণভাবে টেম্পার দেওয়া যায় না, তাহাকে মাইল্ড ষ্টীল বলে। ইহার মধ্যে লো-কারবন ও মিডিয়াম কারবন ষ্টীল পড়ে। ইহার মধ্যে কারবনের ভাগ শতকরা 0.5 ভাগের কম থাকে। কেস হার্ডনিং নামে এক বিশেষ প্রণালীতে ইহার মাত্র বাহিরের আবরণটিকে শক্ত করা চলে। লো-কারবন ষ্টীল কাঠামো (Structure), বয়লার প্লেট, নাট, বোল্ট, রিভেট প্রভৃতি তৈয়ারি করিতে ও ফোর্জিং এবং ফিটিং-এর কাজে রট-আয়রণের পরিবর্তে ব্যবহৃত হয়। মিডিয়াম কারবন ষ্টীল দ্বারা রেল (Rail), এক্সেল (Axle), টু-ইয়ার (Tyre), ষ্টীল কাষ্টিং, সাফ্‌ট, যন্ত্রপাতির অংশ প্রভৃতি তৈয়ারী হয়।

হার্ড ষ্টীল (Hard Steel)—যে কারবন ষ্টীলকে টেম্পার দেওয়া যায় তাহাকে হার্ড ষ্টীল বলে। ইহাতে শতকরা 0·6 ভাগের উপর কারবন থাকে। হাই-কারবন ষ্টীল এই শ্রেণীর অন্তর্গত।

অ্যালয় ষ্টীল (Alloy Steel)—বিশেষ কয়েকটি গুণ পাইবার জন্য যে ষ্টীলে কারবন ব্যতীত অন্য এক বা একাধিক উপাদান মিশ্রিত করা হয়, তাহাকে অ্যালয় ষ্টীল বলে। অ্যালয় ষ্টীলে বিভিন্ন মাত্রায় ক্রোমিয়াম, কোবাল্ট, ম্যাংগ্যানিজ, মলিবডিনাম, সিলিকন, টাঙ্গস্‌টেন্‌, ভ্যানাডিয়াম ইত্যাদি মিশ্রিত করা হয়। ইহাদের মধ্যে যে উপাদানগুলির ভাগ বেশী থাকে সেই উপাদান-গুলির মাত্রার ক্রমানুসারে অ্যালয় ষ্টীলের নামকরণ করার একটা রীতি প্রচলিত আছে। যেমন ম্যাঙ্গানিজ-নিকেল-মলিবডিনাম অ্যালয় ষ্টীলে ম্যাঙ্গানিজের পরিমাণ সর্বাধিক। তারপর নিকেল এবং নিকেল অপেক্ষাও মলিবডিনাম আরো কম।

হার্ড বা হাই-কারবন ষ্টীলের ব্যবহার

কারবনের শতকরা ভাগ	হার্ডনিং তাপমাত্রা °C (সেন্টিগ্রেড)	অ্যানিলিং তাপমাত্রা °C (সেন্টিগ্রেড)	ফোর্জিং তাপমাত্রা °C (সেন্টিগ্রেড)	ওয়েল্ডিং (ফোর্জ)	ষ্টীলের বিশেষ নাম	ব্যবহার
0·75	800	760	950	ভাল	সেট টেম্পার	হাতুড়ী, ডাই, কয়লা কাটিবার ড্রিল প্রভৃতি।
0·85	785	750	900	ভাল	সেট টেম্পার	ডাই, চিজেল, শিয়ার ব্লেড প্রভৃতি।
1 0	770	730	870	সাবধানে	চিজেল টেম্পার	বড় ট্যাপ, বড় পাঞ্চ এবং চিজেল প্রভৃতি।
1·13	765	720	850	কষ্টকর	স্পিণ্ডল টেম্পার	ট্যাপ, ডাই, পাঞ্চ, রিমার প্রভৃতি।
1·25	765	720	825	—	টুলটেম্পার	মেসিন টুল্‌স, ড্রিল, ছোট কাটার, খুব ধারাল যন্ত্রপাতি প্রভৃতি।
1·375	765	720	825	—	স-ফাইল টেম্পার	ধারাল যন্ত্রপাতি প্রভৃতি।
1·5	765	720	800	—	রেজার টেম্পার	মেসিন টুল্‌স, শক্ত ষ্টীলের পার্টস, খুব ধারাল যন্ত্রপাতি

এস, এ, ই সংখ্যা পদ্ধতি দ্বারা ষ্টীলের নামকরণ (S. A. E. Designation Numbers of Alloy Steel)

সোসাইটি অব অটোমেটিভ ইন্‌জিনিয়ার্স (Society of Automative

Engineers) বা সংক্ষেপে এস, এ, ই, চারি অঙ্কের দ্বারা ষ্টীলের নামকরণের একটি পন্থা প্রচলিত করিয়াছেন। এই পদ্ধতিতে প্রথম অঙ্কটি কি ষ্টীল তাহা নির্দেশ করে। দ্বিতীয় অঙ্কটি কারবন ব্যতীত অন্য যে উপাদান সর্বাধিক পরিমাণে আছে তাহা শতকরা কত অংশ আছে তাহা বুঝায়, এবং তৃতীয় ও চতুর্থ অঙ্কটি ষ্টীলে কারবন শতকরা কত শতাংশ আছে তাহা নির্দেশ করে। প্রথম অঙ্কটি কত হইলে কোন ধাতু নির্দেশ করিবে তাহার একটি তালিকা নিম্নে দেওয়া হইল—

1. প্লেন কারবন ষ্টীল
2. নিকেল ষ্টীল
3. নিকেল-ক্রোমিয়াম ষ্টীল
4. মলিবডিনাম ষ্টীল
5. ক্রোমিয়াম ষ্টীল
6. ক্রোম-ভ্যানেডিয়াম ষ্টীল
7. টাঙ্গস্টেন ষ্টীল
8. সিলিকো-ম্যাঙ্গানিজ ষ্টীল

উপরিউক্ত নিয়মানুসারে এস-এ-ই 1045 ষ্টীল বলিতে 0·45% কারবনবিশিষ্ট প্লেন কারবন ষ্টীল বুঝায়। এস-এ-ই 2335 বলিতে 3% নিকেল ও 0·35% কারবন বিশিষ্ট নিকেল ষ্টীল বোঝায়।

পাঁচ অঙ্কের দ্বারাও এস-এ-ই ষ্টীল বুঝান হয়। যেমন—এস-এ-ই 71360

প্রথম অঙ্ক 7 = টাঙ্গস্টেন ষ্টীল।

দ্বিতীয় ও তৃতীয় অঙ্ক যথাক্রমে 1 এবং 3 = শতকরা 13 ভাগ টাঙ্গসটেন।

চতুর্থ এবং পঞ্চম অঙ্ক মিলে 60 = শতকরা 0·60 ভাগ কারবন।

নিকেল ষ্টীল (Nickel Steel)—ষ্টীলের সহিত নিকেল প্রায় যে কোন অনুপাতেই মিশ্রিত করা চলে। সাধারণতঃ শতকরা 2 হইতে 5 ভাগ নিকেল মিশ্রিত ষ্টীল বাজারে অধিক প্রচলিত। ইহা অধিক শক্তি সম্পন্ন ও তাপ, ক্ষয় ও ফেটিগ (Fatigue) রোধক। জাহাজের সাফ্‌টিং, আর্মার প্লেট, অত্যধিক উত্তপ্ত বাষ্প চলাচলকারী অংশের (Steam line) এক্সেল (Axle) পাইপ, বোল্ট ইত্যাদি, কানেক্‌টিং রড, বাই-সাইকেলের টিউবিং এবং স্পোক, তারের দড়ি ইত্যাদির জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

টেন্‌সাইল ষ্ট্রেস্থ—প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 35 হইতে 40 টন।

টাঙ্গস্টেন ষ্টীল—ইহা খুব শক্ত এবং চুম্বকের পক্ষে বিশেষ উপযোগী। ভারী কাজের (Heavy duty) উপযুক্ত কাটিবার যন্ত্রাদি (Cutting tools) ইহাতে চমৎকার হয়। ইলেক্‌ট্রিক বাতির তার (Filament of Electric bulbs) তৈয়ারি করিতেও ইহার ব্যবহার হয়।

হাইস্পীড ষ্টীল—ইহা কাটিবার যন্ত্রাদির (Cutting tools) পক্ষে উপযুক্ত এক প্রকার অ্যালয় ষ্টীল। ইহাতে কারবন, টাঙ্গস্টেন, ম্যাঙ্গানিজ, ক্রোমিয়াম, ভ্যানেডিয়াম এবং মলিবডিনাম থাকে। বর্তমানে 18-4-1 (18% টাঙ্গস্টেন, 4% ক্রোমিয়াম. ও 1% ভ্যানেডিয়াম) হাইস্পীড ষ্টীল সর্বাধিক প্রচলিত। ইহা 2200°-2450° ফারেনহাইটের মধ্যে উত্তপ্ত করিয়া বায়ুপ্রবাহে বা তেলে ডুবাইয়া ঠাণ্ডা করিয়া হার্ডনিং (Hardened) করা হয়। 1600° ফারেনহাইট পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া ফার্নেসে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করিলে ইহা নরম (Anneal) হয়। সাধারণ কারবন ষ্টীল অপেক্ষা ইহাতে কাটিং স্পীড (Cutting Speed) অনেক বেশী দেওয়া যায়। কারণ লোহিত তপ্ত উত্তাপেও নরম না হইয়া ইহা কাটিতে পারে। মোটামুটি 1050° ফারেনহাইট উত্তাপ পর্যন্ত ইহা কাটিতে পারে। ইহাকে অতি সাবধানতার সঙ্গে ফোর্জিং করিতে হয়। 2300° ফারেনহাইটের কাছাকাছি অর্থাৎ হরিদ্রাযুক্ত শ্বেত (yellow white) বর্ণে উত্তপ্ত থাকাকালীন ইহাকে ফোর্জিং করা উচিত। 1850° ফারেনহাইটের কমে অর্থাৎ হরিদ্রাযুক্ত রক্ত (yellow red) বর্ণের নিম্ন উত্তাপে ফোর্জিং করিলে ভিতরে ফাট ধরিবার আশঙ্কা থাকে। ডাক্তারী যন্ত্র (Surgical Instrument), কাটিং টুলস, ড্রিল, ট্যাপ. ডাই প্রভৃতি তৈয়ারি করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

ষ্টেনলেস্ ষ্টীল—ইহা ক্রোমিয়াম এবং আয়রণের এক প্রকার অ্যালয়। ইহাতে 10% হইতে 26% পর্যন্ত ক্রোমিয়াম থাকে। ইহার ক্ষয় রোধক ক্ষমতা বৃদ্ধি করিবার জন্য সময় সময় ইহাতে নিকেল যোগ করা হয়। 18-8 টাইপ (18% ক্রোমিয়াম, 8% নিকেল) ষ্টেনলেস ষ্টীলে বাষ্পে রন্ধনের তৈজসপত্র তৈয়ারী হয়।

0.35% কারবন ও 13.5% ক্রোমিয়ামবিশিষ্ট ষ্টেনলেস ষ্টীল ছুরি, কাঁচি প্রভৃতি কাটিবার যন্ত্রপাতি তৈয়ারীতে ব্যবহার হয়।

পাম্প রড, পাম্প গিয়ার, সূক্ষ্ম যন্ত্রপাতি, ডাক্তারী যন্ত্রপাতি, টারবাইন ব্লেড ইঞ্জিন ভাল্ব, অয়েল বার্ণারের পার্টস (Oil burner Parts), ছুরি কাঁচি ইত্যাদি তৈয়ারি করিতে ষ্টেনলেস ষ্টীল ব্যবহৃত হয়।

স্প্রীং ষ্টীল—ইহা কোন বিশেষ শ্রেণীর ষ্টীল নয়। যে সকল অ্যালয় ষ্টীল দ্বারা সাধারণতঃ স্প্রীং তৈয়ারী হয়, তাহাদিগকে স্প্রীং ষ্টীল বলে। হাই-সিলিকন, সিলিকন-ম্যাঙ্গানিজ, ক্রোমিয়াম-ভ্যানাডিয়াম এবং কারবন-ক্রোম প্রভৃতি অ্যালয় ষ্টীল বিশেষ করে স্প্রীং তৈয়ারির উদ্দেশ্য তৈয়ারী হয়।

অ-লৌহ ধাতু

(Non-Ferrous Metals)

তামা বা কপার (Copper)—ইহার রং লাল ও উজ্জ্বল। কিন্তু জলীয় বায়ুর অক্সিজেনে শীঘ্র জারিত (Oxidised) হয় বলিয়া উপরিভাগ মলিন দেখায়। শুদ্ধ অবস্থায় তামা নরম থাকে। তামার প্রধান প্রধান বৈশিষ্ট্য হইতেছে (১) উচ্চ তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহন ক্ষমতা (High conducting capacity। (2) অত্যধিক ঘাত-সহতা (Malleability) অর্থাৎ ঘাত সহিবার ক্ষমতা (3) ক্ষয়-রোধক ক্ষমতা। তামাকে উত্তপ্ত করিয়া জলে ডুবাইলে ষ্টীলের বিপরীতভাবে উহা নরম হয়। ইহাকে ঢালাই করা চলে। তবে বিশুদ্ধ তামা দ্বারা ঢালাই ভাল হয় না, এই জন্য ঢালাই-এর কাজে তামার সহিত অল্প পরিমাণ ফস্ফরাস মিশাইয়া লওয়া হয়।

সর্বাপেক্ষা ভাল যে তামা বাজারে পাওয়া যায় তাহাতে গড়ে শতকরা 99·55 ভাগ তামা, 0·01 ভাগ নিকেল, 0·026 ভাগ আর্সেনিক, 0·08 ভাগ সীসা (Lead), 0·004 ভাগ বিস্মাথ থাকে।

ঢালাই তামার টেন্সাইল ষ্ট্রেস্থ 8 হইতে 12 টন প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে। ফোর্জ করা তামার টেন্সাইল ষ্ট্রেস্থ 15 টন প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে।

তামা 1950° ফারেনহাইট তাপে গলে। জল অপেক্ষা 8·82গুণ ভারী এবং ইহার এক ঘন ইঞ্চি আয়তনের ওজন প্রায় 0 32 পাউণ্ড।

ইলেকট্রিকতার, বয়লারের ফায়ার টিউব, ষ্টে (Stay), ষ্টীম এবং জলের পাইপ, পাত ইত্যাদিতে এবং ব্রাস (Brass), ব্রোঞ্জ (Bronze) তৈয়ারি করিতে প্রচুর পরিমাণে তামা ব্যবহৃত হয়।

সীসা বা লেড (Lead)—ইহা দেখিতে নীল আভাযুক্ত ধূসর রং-এর এবং উজ্জ্বল। ইহার উপরিভাগ জলীয় বায়ুর সংস্পর্শে জারিত (Oxidised) হইয়া যায় বলিয়া মলিন দেখায়। সীসা খুব নরম এবং ভারী। ইহার ঘাত-সহতা (Malleability) খুব বেশী এবং ইহাকে রোলিং করিয়া পাত (Sheet) বা পাইপ করা যায়। ইহার টেনসাইল ষ্ট্রেস্থ প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে মাত্র 1·5 টন হওয়াতে ইহাকে টানিয়া (Draw) তার করা যায় না। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific Gravity) 11·37 এবং এক ঘন ইঞ্চি আয়তনের ওজন প্রায় 0·41 পাউণ্ড। ইহার গলন তাপমাত্রা প্রায় 620° ফারেনহাইট। সফ্ট

সোল্‌ডার (Soft Solder), ব্রোঞ্জ (Bronze), বিয়ারিং মেটাল (Bearing Metal) ইত্যাদি বিভিন্ন মিশ্র-ধাতু তৈয়ারি করিতে সীসা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের পাত্র, পাইপ, ব্যাটারির প্লেট, বন্দুকের গুলি, ছাপাখানার অক্ষর প্রভৃতিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)—ইহার বর্ণ উজ্জ্বল এবং নীল আভাযুক্ত সাদা। সাধারণ সকল ধাতুর মধ্যে ইহা সর্বাপেক্ষা হাল্কা। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2.71 এবং এক ঘন ইঞ্চি আয়তনের ওজন 0·09 পাউণ্ড। শুদ্ধ অবস্থায় ইহা অত্যন্ত নরম বলিয়া, ইহাকে ব্যবহারোপযোগী করিবার জন্য ইহার সহিত অল্প পরিমাণ অন্যান্য ধাতু মিশান হয়। অ্যালুমিনিয়াম প্রায় 1200° ফারেন-হাইট তাপ মাত্রায় গলে। খুব ভালভাবে গলে বলিয়া ইহা দ্বারা খুব ভালভাবে ঢালাই করা যায়। ইহার ঘাত-সহতা ভাল অর্থাৎ ইহাকে পিটাইয়া সহজে বিস্তৃত করা যায়। ইহাকে রোলিং, ফোর্জিং ও ড্রয়িং করা চলে। তবে এই সকল কাজের সময় অ্যালুমিনিয়াম অপেক্ষাকৃত শক্ত হইয়া যায় বলিয়া ইহাকে বার বার অ্যানিল (Anneal) করিতে হয়।

অ্যান্টিমনি (Antimony)—ইহার বর্ণ সাদা এবং 1150° ফারেনহাইট তাপে ইহা গলিয়া যায়। ইহা ভীষণ ভঙ্গুর এবং ঘর্ষণ প্রতিরোধক ধাতুকে শক্ত করিতে (Hardened) ইহা ব্যবহৃত হয়।

বিস্‌মাথ (Bismuth)—ইহার বর্ণ ধূসরবর্ণ যুক্ত সাদা এবং দেখিতে দানা দানা। ইহা খুব ভঙ্গুর এবং জমিয়া কঠিন হইবার সময় আয়তনে বাড়িয়া যায়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 9·8 এবং 520° ফারেনহাইট তাপে গলে।

নিকেল (Nickel)—নিকেলের বর্ণ খুব উজ্জ্বল এবং হরিদ্রাভ সাদা। ইহার শক্তি (Strength) প্রায় তামার ন্যায় কিন্তু তান্তবতা (Ductility) কম। ইহা তামা অপেক্ষা শক্ত (Harder)। ইহার মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ সহজে প্রবাহিত হয়। নিকেলকে চুম্বকে পরিণত করা যায়। ইহা প্রায় 2600° ফারেনহাইট তাপমাত্রায় গলে। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 8·7। ঠাণ্ডা হইবার সময় গ্যাস নির্গত হয় বলিয়া শুদ্ধ অবস্থায় ইহা দ্বারা ঢালাই করা যায় না। বিভিন্ন অ্যালয় ষ্টীলে এবং জার্মান সিল্‌ভার (German Silver) প্রভৃতি তৈয়ারি করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

টিন (Tin)—বাংলা নাম রাঙ্গ। ইহার বর্ণ উজ্জ্বল এবং হরিদ্রা আভাযুক্ত সাদা। ইহা খুব নরম কিন্তু সীসা অপেক্ষা শক্ত। ইহার ঘাত-সহতা

(Malleability) ভাল, ফলে, পিটাইয়া পাত করা যায়। উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা ভঙ্গুর। ইহার টেনসাইল ষ্ট্রেংথ কম বলিয়া ইহাকে টানিয়া (Draw) তার করা যায় না। ইহা 440° ফারেনহাইট তাপমাত্রায় গলে এবং জল অপেক্ষা 7·41 গুণ ভারী। ইহার এক ঘন ইঞ্চি আয়তনের ওজন 0·268 পাউণ্ড। রট আয়রণ কিংবা ষ্টীলের পাতলা পাতের উপর টিনের প্রলেপ দিয়া শীট টিন (Sheet tin) এবং টিন-প্লেট (Tin plate) তৈয়ারি করিতে ইহা যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়। সফ্‌ট সোল্‌ডার, ব্রোঞ্জ ইত্যাদিতেও টিন ব্যবহৃত হয়।

দস্তা বা জিঙ্ক (Zinc)—ইহার বর্ণ উজ্জ্বল এবং ধূসর বর্ণ যুক্ত সাদা। ইহা সীসা এবং টিন অপেক্ষা শক্ত। বাজারে যে জিঙ্ক পাওয়া যায় উহাকে 'স্পেলটার' বলে। অল্প তাপে এবং 420° ফারেনহাইট তাপমাত্রার উপরে জিঙ্ক ভঙ্গুর বলিয়া ঐ অবস্থায় জিঙ্কের পাত করা সম্ভব নয়। 212° থেকে 300° ফারেনহাইট তাপমাত্রার মধ্যে জিঙ্কের পাত করা যায়। ইহা 780° ফারেনহাইট তাপমাত্রায় গলে এবং জল অপেক্ষা 7·2 গুণ ভারী। ইহার প্রতি ঘন ইঞ্চির ওজন প্রায় 0·26 পাউণ্ড। গ্যাল্‌ভানাইজিং করিতে, ঝালাইয়ের কাজের জন্য, জিঙ্ক ক্লোরাইড সলিউশন করিতে, ব্রাস, গানমেটাল, প্রভৃতি মিশ্রধাতু করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

অ-লৌহ মিশ্রধাতু

(Non-Ferrous Alloy)

পিতল বা ব্রাস (Brass)—ইহা তামা এবং দস্তার (Zinc) মিশ্র-ধাতু। ব্রাসে শতকরা 70 ভাগ তামা এবং 30 ভাগ দস্তা থেকে 60 ভাগ তামা ও 40 ভাগ দস্তা থাকে। সাধারণ কাজের জন্য যে ব্রাস ব্যবহার করা হয়, তাহাতে প্রায় দুই ভাগ (শতকরা 67 ভাগ) তামা এবং এক ভাগ (শতকরা 33 ভাগ) দস্তা থাকে। ইহা দেখিতে উজ্জ্বল এবং হরিদ্রাবর্ণ। ব্রাসের সহিত অল্প পরিমাণ সীসা মিশান থাকিলে মেসিনিং করিতে সুবিধা হয়। ব্রাস দ্বারা উৎকৃষ্ট ঢালাই করা যায়। তামা এবং দস্তার হার

অনুসারে ইহা 1700° হইতে 1900° ফারেনহাইট তাপমাত্রার মধ্যে গলে। জল অপেক্ষা 8·45 গুণ ভারী এবং ইহার এক ঘন ইঞ্চি আয়তনের ওজন প্রায় 0·305 পাউণ্ড।

60 ভাগ তামা এবং 40 ভাগ দস্তা মিশাইয়া যে ব্রাস তৈয়ারী হয়, তাহাকে 'মাঞ্জ মেটাল' (Muntz Metal) বলে। ইহা সাধারণ ব্রাস অপেক্ষা অনেক শক্ত। মাঞ্জ মেটালের মধ্যে শতকরা 1 ভাগ টিন মিশাইলে উহা সমুদ্রের লবণাক্ত জলদ্বারা আক্রান্ত হয় না এবং উহা 'নেভাল ব্রাস' নামে পরিচিত। ইহা দ্বারা জাহাজের পাম্প-র‍্যাম, ভাল্‌ভ স্পিণ্ডল ইত্যাদি নির্মিত হয়।

ব্রোঞ্জ (Bronze)—ইহা তামা এবং টিনের মিশ্র-ধাতু। সাধারণতঃ শতকরা প্রায় 80 হইতে 90 ভাগ তামার সহিত 20 হইতে 10 ভাগ টিন মিশাইয়া ইহা তৈয়ারী হয়। ক্ষেত্র বিশেষে অল্প সীসা বা দস্তা মিশান হয়। সীসা মিশাইলে ধাতু অপেক্ষাকৃত মসৃণ হয় আর দস্তা মিশাইলে গলিত অবস্থায় উহা খুব তরল হয়। ব্রোঞ্জ, ব্রাস অপেক্ষা শক্ত এবং দেখিতে লাল আভাযুক্ত হরিদ্রাবর্ণ। শতকরা 80 ভাগ তামার সহিত শতকরা 20 ভাগ টিন মিশাইয়া যে ব্রোঞ্জ তৈয়ারী হয় উহা 'বেল মেটাল' (Bell Metal) বা কাঁসা নামে পরিচিত।

কাঁসার দ্বারা বাসন পত্র, ঘণ্টা প্রভৃতি তৈয়ারী হয়। ইহা সহজে ভাঙ্গিয়া যায়। ব্রোঞ্জ প্রায় 1970° ফারেনহাইটে গলে এবং জল অপেক্ষা 8·56 গুণ ভারী। এক ঘন ইঞ্চি আয়তনের ওজন প্রায় 0·31 পাউণ্ড।

গান মেটাল (Gun Metal)—শতকরা 88 ভাগ তামা, 10 ভাগ টিন এবং 2 ভাগ দস্তা মিশাইয়া যে ব্রোঞ্জ তৈয়ারী হয় তাহাকে 'গান মেটাল' বলে। সমুদ্রের লবণাক্ত জল দ্বারা আক্রান্ত হয় না বলিয়া ইহা দ্বারা জাহাজের বিভিন্ন অংশ তৈয়ারী হয়। ইহা খুব শক্ত।

মেসিনের বিয়ারিং-এর জন্য যে গান মেটাল তৈয়ারী হয় তাহাতে অল্প পরিমাণ সীসা থাকে।

ফস্‌ফর ব্রোঞ্জ (Phosphor Bronze)—ইহা ফস্‌ফরাস মিশ্রিত এক বিশেষ শ্রেণীর ব্রোঞ্জ। চালাই কাজের উপযুক্ত ফস্‌ফরাস্ ব্রোঞ্জে তামা থাকে শতকরা 90 থেকে 92 ভাগ, টিন 7·4 থেকে 9·7 ভাগ এবং ফস্‌ফরাস 0·3 থেকে 0·6 ভাগ। এই প্রকার ফস্‌ফরাস্ ব্রোঞ্জের প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে টেন্‌সাইল ষ্ট্রেস্ 17 টন।

রড্, পাত (Sheet), তার প্রভৃতি নির্মাণে যে ফস্‌ফরাস ব্রোঞ্জ ব্যবহৃত হয় তহোতে শতকরা 94 5 থেকে 97·5 ভাগ তামা, !0 10 থেকে 0·25 ভাগ ফসফরাস ও বাকীটা টিন থাকে।

বিয়ারিং নির্মাণের উদ্দেশ্যে যে ফস্‌ফরাস ব্রোঞ্জ তৈয়ারী হয় তাহাতে শতকরা 0·8 থেকে 1·00 ভাগ ফস্‌ফরাস থাকে।

গানমেটাল হইতে ফস্‌ফার ব্রোঞ্জ অনেক শক্ত ও শক্তি সম্পন্ন। আকস্মিক কম্পন সহ্য করার পক্ষে ইহা বিশেষ উপযোগী। রোলিং মিলের বিয়ারিং, রেলগাড়ীর এক্সেল, মোটর গাড়ীর ক্র্যাঙ্ক সাফ্‌ট, জাহাজের প্রপেলার ব্লেড প্রভৃতি তৈয়ারি করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

ইস্পাতের তাপ-শোধন

(Heat Treatment of Steel)

সংজ্ঞা—গাঠনিক ব্যবস্থার পরিবর্তনের উদ্দেশ্যে কোন ধাতু বা ধাতু সংকরকে (Alloy) কঠিন অবস্থায় এক বিশেষ তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া ধীরে ধীরে বা হঠাৎ ঠাণ্ডা করার প্রণালীকে 'তাপ-শোধন' বলে।

তাপ-শোধনে ষ্টীল যেরূপ সাড়া দেয়, আর কোন ধাতুই সেরূপ সাড়া দেয় না। সময় সময় অ-লৌহজাত ধাতুও তাপ-শোধনে অল্পবিস্তর সাড়া দেয়। যেমন, ঠাণ্ডা অবস্থায় কাজ করিবার সময় (cold working) ব্রোঞ্জ বা তামা শক্ত হইয়া যায়। উহাকে গরম করিয়া যে কোন হারে ঠাণ্ডা করিলেই উহা নরম হইয়া যায়। কিন্তু অপরপক্ষে তাপ-শোধনে ষ্টীল কিরূপ সাড়া দিবে তাহা ঠাণ্ডা করিবার হারের উপর নির্ভরশীল। 'আপার ক্রিটিক্যাল পয়েণ্টের' উর্ধ্বে উত্তপ্ত করিয়া ষ্টীলকে দ্রুত ঠাণ্ডা করিলে উহা শক্ত হইবে আর ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করিলে উহা নরম হইবে।

বহু প্রকার উদ্দেশ্যে ষ্টীলের 'তাপ-শোধন' করা হয়। এখানে কেবল মাত্র (1) হার্ডনিং (2) টেম্পারিং (8) অ্যানিলিং ও (4) কেস হার্ডনিং সম্বন্ধে আলোচনা করা হইবে

হার্ডনিং (Hardening)—ষ্টীলের বস্তুর হার্ডনেস এবং টেনসাইল ষ্ট্রেংথ বাড়াইতে, ডাকটিলিটি কমাইতে এবং ষ্টীলের দানা মিহি করিবার উদ্দেশ্যে ষ্টীলের বস্তুকে প্রথমে উত্তপ্ত ও পরে ঠাণ্ডা করিবার পদ্ধতিকে 'হার্ডনিং'

বলে। এই পদ্ধতিতে ষ্টীলের বস্তুটিকে 'আপার ক্রিটিক্যাল পয়েণ্টের (কারবন ষ্টীলের ক্ষেত্রে 750°C থেকে 780°C মধ্যে এবং হাই স্পীড ষ্টীলের 1250°C—1320°C) ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিয়া বস্তুটিকে ষ্টীল অনুযায়ী তেলে, জলে বা শতকরা 9 ভাগ লবণ বিশিষ্ট লবণ জলে (Braine) কোয়েঞ্চ (Quench) করিয়া অর্থাৎ ডুবাইয়া দ্রুত ঠাণ্ডা করিতে হয়। ষ্টীলকে উত্তপ্ত করিতে থাকিলে ষ্টীলের অভ্যন্তরস্থ লৌহ এবং কারবনের রাসায়নিক ও গাঠনিক পরিবর্তন হইতে থাকে। যে তাপমাত্রার সীমার মধ্যে সর্বাপেক্ষা আকাঙ্খিত পরিবর্তন পাওয়া যায়, তাহাকে 'ক্রিটিক্যাল রেঞ্জ' বলে। ক্রিটিক্যাল রেঞ্জের সর্বোচ্চ তাপমাত্রাকে আপার ক্রিটিক্যাল পয়েণ্ট ও সর্বনিম্ন তাপমাত্রাকে লোয়ার ক্রিটিক্যাল পয়েণ্ট বলে।

টেম্পারিং (Tempering)—যে পদ্ধতি দ্বারা ষ্টীলের হার্ডনেস এবং ষ্ট্রেস্থ কমাইয়া টাফ্‌নেস বাড়ান হয়, তাহাকে টেম্পারিং বলে। হার্ডনিং করিলে ষ্টীলটি খুব শক্ত হয় বটে কিন্তু সঙ্গে সঙ্গে ভঙ্গুরও হয়। ষ্টীলের টাফ্‌নেস কিছু না থাকিলে তদ্দারা কোন কিছু তৈরি করা যায় না। প্রয়োজন অনুযায়ী ষ্টীলের টাফ্‌নেস পাইবার জন্য টেম্পারিং করা হয়। ইহার ফলে অবশ্য টুলের হার্ডনেস কিছু কমিয়া যায়। টেম্পারিং দ্বারা যতদূর সম্ভব ষ্টীলের টাফ্‌নেস এবং হার্ডনেসের মধ্যে একটা সামঞ্জস্য করা হয়। এই পদ্ধতিতে হার্ডনিং করা ষ্টীলের বস্তুকে পুনরায় উত্তপ্ত করা হয় এবং কোয়েঞ্চ (Quench) করিয়া বা বাতাসে দ্রুত ঠাণ্ডা করা হয়। টেম্পারিংকে বাংলায় পান ধরান বলে।

অ্যানিলিং (Annealing)—ষ্টীলের বস্তুকে কঠিন অবস্থায় একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করার পর খুব ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করিয়া বস্তুটিকে নরম করার পদ্ধতিকে অ্যানিলিং বলে। অ্যানিলিং-এর উদ্দেশ্য হইতেছে—(১) গরম বা ঠাণ্ডা অবস্থায় ষ্টীলের বস্তু লইয়া কাজ করিবার সময় বস্তুটি শক্ত হইয়া যাইলে তাহা যাহাতে সহজে কাটা যায় তজ্জন্য বস্তুটিকে নরম করা। (২) হার্ডনিং করা বস্তুটিকে নরম করার প্রয়োজন হইলে, বস্তুটিকে নরম করা। (৩) ঢালাই করিবার সময়, মেসিনে কাটিবার সময় বা অন্য কোন সময় ধাতুর মধ্যে যে বিকৃতি (Stress) ঘটে তাহা দূর করা। (৪) বস্তুটির প্রসার্যতা (Ductility) বাড়ান।

প্লেন কারবন ষ্টীল 700°C থেকে 755°C মধ্যে অ্যানিলিং করা হয়।

কেস হার্ডনিং (Case Hardening)—কেস হার্ডনিং হইতেছে এক প্রকার পদ্ধতি যাদ্বারা কেবলমাত্র বাহিরের পৃষ্ঠ (Case) হার্ডনিং অর্থাৎ শক্ত করা হয়। লো-কারবন ষ্টীলকে সাধারণ হার্ডনিং পদ্ধতিতে শক্ত করা যায় না। লো-কারবন ষ্টীলের বাহিরেয় পৃষ্ঠে সামান্য কারবন যোগ করিয়া ইহার বাহিরের পৃষ্ঠ শক্ত করা হয়, কিন্তু ভিতরের অংশ তখনও নরম থাকে।

কেস হার্ডনিং নানাভাবে করা যায়। শিল্পে মাইল্ড ষ্টীলের বস্তুকে 780° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া তাহার উপর একটুকরা পটাসিয়াম সায়নাইড দেওয়া হয়। সায়নাইড গলিয়া যাইয়া সমস্ত বস্তুটির উপর ছড়াইয়া পড়ে। তখন বস্তুটিকে জলে ডুবাইয়া ঠাণ্ডা করা হয়। ইহার ফলে বস্তুটির উপরিভাগের একটি ছাল (Case) শক্ত হইয়া যায়। এই পদ্ধতিতে কেস হার্ডনিং করাকে **সায়নাইডিং** (Cyaniding) বলে।

কেস হার্ডনিং করিবার অন্য যে পন্থা প্রচলিত, তাহাকে **কারবুরাইজিং** (Carburizing) বলে। ইহা নিম্নলিখিত তিন প্রকারে করা যাইতে পারে—
(১) প্যাক পদ্ধতি (Pack method) (২) গ্যাস পদ্ধতি (Gas method)
(৩) তরল লবণ পদ্ধতি (Liquid salt method)

প্যাকপদ্ধতি (Pack Method)—এই পদ্ধতিতে একটি বাক্সের মধ্যে মাইল্ড ষ্টীলের বস্তু রাখিয়া বাক্সটি হাড়ের গুঁড়া এবং চামড়ার গুঁড়া অথবা কাঠকয়লা অথবা কারবন পর্যাপ্ত পরিমাণে আছে এরূপ কোন বস্তু দ্বারা বাক্সটি পূর্ণ করিতে হয়। তারপর বাক্সটি ধীরে ধীরে 900°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া ঐ তাপমাত্রায় কিছুক্ষণ রাখিতে হয়। তারপর বাক্সটি ঠাণ্ডা করিয়া বস্তুটি বাহির করিয়া লইলে বস্তুটির বহিঃপৃষ্ঠের একটি পাতলা আবরণ শক্ত হইয়া যায়। ভালভাবে কেস হার্ডনিং করিবার জন্য সময় সময় ইহার পর বস্তুটিকে পুনরায় গরম করিয়া তেলে ডুবাইয়া (Quench) শক্ত করা হয়।

গ্যাস পদ্ধতি—এই পদ্ধতিতে মাইল্ড ষ্টীলের বস্তুটি হাইড্রোকারবন গ্যাসের মধ্যে রাখিয়া উত্তপ্ত করা হয়।

তরল লবণ পদ্ধতি—এই পদ্ধতিতে মাইল্ড ষ্টীলের বস্তুটি গরম লবণের মধ্যে কিছুক্ষণ চুবাইয়া কেস হার্ডনিং করা হয়।

———

বিভিন্ন প্রকার কারবন ষ্টীলের টেম্পারিং

তাপমাত্রা°C	বর্ণ	বাটালির ব্যবহার
180-200	হাল্কা খড় (Light straw)	তীক্ষ্ণ ধারবিশিষ্ট যন্ত্র, যেমন—এন্‌গ্রেভিং করিবার যন্ত্র।
200-220	খড (Straw)	লেদের বাটালি, হাল্কা কাজের ডাই প্রভৃতি যাহা বেশ শক্ত হওয়ার দরকার।
220-230	গাঢ় খড (Dark straw)	ব্ল্যাঙ্কিং এবং পিয়ার্সিং বেড, যে সকল পাঞ্চ যথেষ্ট হার্ড এবং টাফ্ হওয়া দরকার, স্প্রীং কলেট, ব্রাসে থ্রেড কাটা ডাই, প্লেনিং ও সেপিং মেসিনের বাটালি প্রভৃতি।
240-260	সোনালী হল্‌দে (Golden yellow)	শিয়ার ব্লেড, মিলিং কাটার, ট্যাপ, ডাই, চেজার প্রভৃতি।
260-280	বাদামী থেকে হালকা বেগুনী (Brown to light purple)	ভারী কাজের উপযুক্ত ডাই, ফ্ল্যাট ড্রিল, রিমার প্রভৃতি।
280-290	গাঢ় বেগুনী (Dark purple)	চিজেল, বয়লার নির্মাতাদের বাটালি প্রভৃতি যে সকল বাটালিকে আঘাত সহ্য করিতে হয়, স (saw), স্প্রীং।

হাইস্পীড ষ্টীলের তাপ-শোধন

ষ্টীলের প্রকার	হার্ডনিং তাপমাত্রা °C	টেম্পারিং তাপমাত্রা °C
14% টাঙ্গস্টেন	1250—1300	550—600
18% টাঙ্গস্টেন	1280—1300	550—600
22% টাঙ্গস্টেন	1280—1300	550—600
18% টাঙ্গস্টেন 5% কোবাল্ট	1280—1300	550—600
20% টাঙ্গস্টেন 12-18% কোবাল্ট	1280—1320	550—620

কাটিং ফ্লুইড (Cutting Fluid)

সংজ্ঞা :—কাটিং ফ্লুইড, যাহা লুব্রিক্যান্ট (Lubricants) বা কুলান্ট (Coolants) নামেও পরিচিত, হইতেছে সেই সকল প্রবাহী* পদার্থ যাহা বস্তু কাটিবার সময় বস্তুতে এবং বাটালিতে প্রয়োগ করিলে বস্তু ভাল কাটে এবং বাটালি দীর্ঘস্থায়ী হয়।

কাটিং ফ্লুইডকে চলতি কথায় অনেক সময় কাটিং অয়েলও বলা হয়, কিন্তু ঠিকভাবে ধরিতে গেলে কাটিং অয়েল বলা উচিত নহে। কারণ যে সমস্ত কাটিং ফ্লুইড বর্তমানে ব্যবহৃত হয় সেগুলি সমস্তই ফ্লুইড (তরল এবং বায়বীয়), সমস্তই অয়েল (তৈল) নহে।

উদ্দেশ্য :—কাটিং ফ্লুইড ব্যবহারের উদ্দেশ্য সকল সংক্ষেপে নিম্নলিখিতভাবে বলা যায়।

1. অত্যধিক গরম হইয়া গিয়া বাটালির হার্ডনেস (Hardness) যাহাতে নষ্ট হইয়া না যায় সেইজন্য **বাটালিকে ঠাণ্ডা রাখা**। বাটালি যত বেশী গরম হইবে তত শীঘ্র উহার ক্ষয় হয়।

2. **মালকে ঠাণ্ডা করা :**—মাল বেশী গরম হইয়া যাইলে বিকৃতাকৃতি হইয়া যায়, ফলে মাপ এবং ফিনিস ভাল হয় না।

3. **তৈলাক্ত করা :**—ফলে (ক) মাল কাটিতে কম শক্তি ব্যয় হয়; (খ) বাটালির ঘর্ষণজনিত ক্ষয় কমিয়া বাটালি দীর্ঘস্থায়ী হয়; (গ) তৈলাক্ততার দরুন কম তাপ-উৎপন্ন হওয়ায় বাটালি অপেক্ষাকৃত কম তাপে মাল কাটে এবং তাহার ফলেও বাটালি দীর্ঘস্থায়ী হয়।

4. ড্রিল, ট্যাপ, স (Saw) প্রভৃতির ফ্লুট হইতে **চিপ্‌স ধুইয়া বাহির করা**, যাহাতে চিপ্‌স ফ্লুটে আটকাইয়া গিয়া এই সকল টুল্‌স ভাঙ্গিয়া না যায়।

5. **ভাল ফিনিস করা**।

গুণাবলী :—কাটিং ফ্লুইড ব্যবহারের উপরিউক্ত উদ্দেশ্য সকল কার্যকরি করিতে হইলে নিম্নলিখিত গুণাবলী থাকা প্রয়োজন।

1. **অত্যধিক তাপ শোষণ করিবার ক্ষমতা**। আপেক্ষিক তাপ

---

*প্রবাহী—তরল ও বায়বীয় পদার্থ সহজেই প্রবাহিত হয় বলিয়া উহাদের একত্রে প্রবাহী (Fluid) নামে অভিহিত করা হয়।

(Specific Heat)* অপেক্ষা ইহার তাপ পরিবাহিতা** (Thermal Conductivity) ও তাপ শোষণ করিবার ক্ষমতা অধিক প্রয়োজনীয়।

2. **তৈলাক্ত করিবার ভাল ক্ষমতা,** যাহাতে পূর্বোক্ত 3 নম্বরের উদ্দেশ্য সকল ফলপ্রদ হয়।

3. **উচ্চ প্রজ্বলন তাপ** (High Ignition Point) যাহাতে সহজে আগুন ধরিয়া না যায়।

4. **স্থায়ীত্ব,** যাহাতে বাতাসে জারিত † (Oxidised) হইয়া গিয়া মেসিনের উপর আঠাল পদার্থ না জমে। সাধারণতঃ যে তাপে কাজ করা হয় সেই তাপে যেন ইহা হইতে কঠিন পদার্থ আলাদা হইয়া না যায়।

5. গরম অবস্থা বা কিছুদিনের ব্যবহারের ফলে **দুর্গন্ধ না হয়।**

6. **মেসিন-চালকের পক্ষে ক্ষতিকর না হয়।** ইহা যেন কোন প্রকারের রোগজীবাণু বহন না করে। চোখে বা কোন ক্ষতে লাগিলে ক্ষতি না হয়।

7. **মেসিনের বিয়ারিং-এর পক্ষে ক্ষতিকারক না হয়।**

8. **মালকে বা মেসিনকে ক্ষয় না করে।**

9. **স্বচ্ছতা,** যাহাতে মাল কাটিবার সময় মালটিকে দেখিতে অসুবিধা না হয়।

10. **আঠাল না হয়** (Low viscosity), যাহাতে সহজে গড়াইয়া কাটিং ফ্লুইড রাখিবার ট্যাঙ্কে ফিরিয়া যাইতে পারে।

11. **দাম অল্প এবং সহজ লভ্য।**

শ্রেণী বিভাগ—প্রথম দৃষ্টিতে কাটিং ফ্লুইডের শ্রেণী বিভাগ করা অসুবিধা-

---

*আপেক্ষিক তাপ :—কোন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ বলিতে একক ভরের জলকে এক ডিগ্রী উষ্ণ করিতে যে পরিমাণ তাপ লাগে তাহার কতগুণ তাপ প্রদত্ত পদার্থের একক ভরকে (unit quantity) এক ডিগ্রী উষ্ণ করিতে লাগে, তাহা বুঝায়। ইহাকে অঙ্কে নিম্নরূপে লেখা যায়—

$$\text{আপেক্ষিক তাপ} = \frac{\text{আলোচ্যমান পদার্থের একক ভরকে } 1^\circ \text{ উষ্ণ করিতে যে তাপ লাগে}}{\text{একক ভরের জলকে এক ডিগ্রী উষ্ণ করিতে যে তাপ লাগে}}$$

**তাপ পরিবাহিতা :—কোন পদার্থের একক দৈর্ঘ্যের বাহুবিশিষ্ট একটি ঘনকে (Cube) লইয়া যদি তাহার দুই বিপরীত তলকে এক ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতার ব্যবধানে রাখা যায় তাহা হইলে প্রতি সেকেণ্ডে উহার মধ্য দিয়া যে পরিমাণ তাপ পরিবাহিত হইবে তাহাই ঐ পদার্থের তাপ পরিবাহিতা (Thermal Conductivity)

† যে পদার্থের সহিত অক্সিজেন যুক্ত হয়, তাহা জারিত (Oxidised) হইয়াছে বলা হয়।

জনক মনে হইলেও বাজারে যে সমস্ত কাটিং ফ্লুইডের ব্যবহার হয় তাহাদের মোটামুটিভাবে নিম্নলিখিত শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়।

1. **শুষ্ক বা জোর বাতাস** প্রবাহ করানো হয়।

2. **জল**—কাঁচা জল অথবা ক্ষার (Alkali), লবণ (Salt) বা জলে দ্রবণীয় এডিটিভ (Water soluble additive) মিশ্রিত জল, কিন্তু তৈল বা সাবান একদম থাকিবে না, আর যদি থাকে তাহা হইলে তাহা খুব অল্প পরিমাণে।

3. **তৈল** (Oils)—(ক) খনিজ তৈল (Mineral Oil), যেমন কেরোসিন প্রভৃতি পেট্রোলজাত তৈল। (খ) ফিক্সড (Fixed) বা ফ্যাটি অয়েল (Fatty Oil)। ইহা আবার দুই প্রকারের, যেমন :—

(i) **প্রাণিজাত** :—জীবজন্তু, মাছ প্রভৃতির, যেমন—শূকরের চর্বিজাত তৈল (Lard oil), তিমির তৈল (whale oil) প্রভৃতি। তৈলাক্ততা ও মালে লাগিয়া থাকিবার উচ্চ ক্ষমতার জন্য লার্ড অয়েল বহুদিন যাবৎ থ্রেড কাটিতে ও ট্যাপ দিতে ব্যবহৃত হইয়াছে। বর্তমানে ইহা কাটিং ফ্লুইডে অন্যান্য পদার্থের সহিত মিশ্রিত হইয়া জলে দ্রব তৈল (Soluble oil) এবং সালফিউরাইজড্ তৈলের (Sulphurized oil) বেস (Base) হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

দুর্গন্ধের জন্য মাছের তৈল সাধারণতঃ কাটিং ফ্লুইড হিসাবে ব্যবহৃত হয় না।

(ii) **উদ্ভিদজাত** (Vegetable) :—যেমন—রেড়ির (Castor), জলপাই (Olive), তুলাবীজ, সোয়াবীন, টার্পেনটাইন, রজন প্রভৃতির তৈল। উদ্ভিদজাত তৈল শুকাইতে দেরী হয় বলিয়া (যাহা কাটিং ফ্লুইডের পক্ষে বিশেষ প্রয়োজনীয়) ইহাদের কাটিং ফ্লুইডে মিশ্রিত করা হইয়া থাকে।

4. **মিশ্রিত তৈল** (Mixed oil) :—উপরিউক্ত তৈল সকলের সংমিশ্রণে প্রস্তুত। ইহা দ্বারা খনিজ তৈলের সহিত শতকরা ৫ হইতে ৫০ ভাগ লার্ড অয়েল, এবং সময় বিশেষে ইহাতে আবার শতকরা ১ হইতে ৬ ভাগ ফ্রি-ফ্যাটি এসিড (Free Fatty Acid), যেমন Oleic, মিশ্রিত করিয়া যে মিশ্রিত কাটিং ফ্লুইড তৈয়ারী হয় তাহা অত্যন্ত সফলতার সহিত টার্ণিং করিতে, ড্রিল দিতে, রিমার ও ট্যাপ চালাইতে এবং ষ্টীল, রট-আয়রণ, ব্রাস, ব্রোঞ্জ, অ্যালিউমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুতে থ্রেড কটিতে ব্যবহৃত হয়।

স্ক্রু-কাটিং মেসিন এবং গিয়ার-কাটিং মেসিনে ফিনিস কোপে ইহা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

5. **সালফিউরাইজড বা ক্লোরিনেটেড অয়েল** (Sulphurized or Chlorinated Oil) :—3 এবং 4-এ উল্লিখিত তৈল সকলের সহিত সাল্‌ফার, ক্লোরিন, ফস্‌ফরাস প্রভৃতি মিশ্রিত করিয়া তৈয়ারি করা হয়। দ্রুত উৎপাদনের সময় যখন ভাল ফিনিস এবং নিখুঁত মাপের প্রয়োজন হয় তখন এই প্রকারের কাটিং ফ্লুইড প্রায় সব ক্ষেত্রেই ব্যবহার করা চলে।

6. **ইমাল্‌সন** (Emulsion) :—এক ভাগ জল এবং চার হইতে আটভাগ জলে দ্রবণীয় তৈলের সংমিশ্রণে প্রস্তুত। বর্তমানে ব্যবহৃত কাটিং ফ্লুইডের মধ্যে ইহাই সর্বাধিক পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। সকল প্রকারের ষ্টীল, অ্যালিউমিনিয়াম অ্যালয়, ম্যালিয়েবল্ কাষ্ট-আয়রণ প্রভৃতি কাটিতে ও গ্রাইণ্ডিং করিতে ইহা খুব ফলপ্রদ।

কাটিং ফ্লুইডের ব্যবহার

1. **অ্যালিউমিনিয়াম** :—শুষ্ক কাটা যায়, কিন্তু কেরোসিন তৈল ব্যবহার করিলে ফিনিস অনেক ভাল এবং বাটালি দীর্ঘস্থায়ী হয়।

2. **ব্রাস** (পিতল) :—যদিও ব্রাস শুষ্ক কাটা যায় তথাপি প্যারাফিন, হাল্কা খনিজ তৈল বা হাল্কা খনিজ তৈলের সহিত শতকরা ১০ ভাগ ফ্যাটি এসিড মিশাইয়া ব্যবহার করিলে ফল ভাল পাওয়া যায়। **ব্রোঞ্জ** এবং **তামা** প্রায়ই খনিজ তৈল ও লার্ড অয়েল মিশাইয়া কাটা হয়।

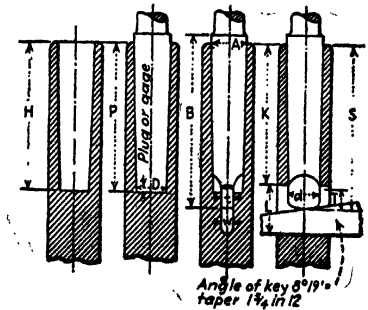
3. **কাষ্ট আয়রণ** :—ইহা সাধারণতঃ শুষ্ক কাটা হয়। কেননা তৈল ও জলের ইমালসন দ্বারা কাটিলেও কাষ্ট আয়রণের চিপ্‌স ডেলা পাকাইয়া যায়। তাহার ফলে কাটিতে অসুবিধা হয়। যদি বাটালিতে চিপস ভাঙ্গিয়া দিবার ব্যবস্থা থাকে, তাহা হইলে তৈল জলের ইমাল্‌সন ব্যবহার করা উচিত। ইহাতে বাটালি অনেক বেশী দীর্ঘস্থায়ী হয়। গ্রাইণ্ডিং করিবার সময় সাধারণতঃ জলের কম্পাউণ্ড বা পাতলা ইমাল্‌সন ব্যবহার করা হয়। ট্যাপ করিবার সময় ইমাল্‌সন ব্যবহার করা চলে, কিন্তু সালফিউরাইজড অয়েল বা **হোয়াইট লেড-এ** আরো ভাল ফল পাওয়া যায়।

4. **ম্যাগনেসিয়াম ও ইহার অ্যালয়** :—যখন শুষ্ক কাটা প্রয়োজন সেই সময় I পাতলা খনিজ তৈল—যেমন, খনিজ সীল তৈল দ্বারা কাটা

হয়। জলের ইমাল্সন কোন সময়েই ব্যবহার করা উচিত নয়, কারণ ইহাতে যে কোন সময় ভীষণ আগুন লাগিয়া যাইবার ভয় থাকে। যদি হঠাৎ আগুন লাগিয়া যায় তাহা নিভাইবার জন্য গুঁড়া অ্যাজ্‌বেষ্টস, গ্র্যাফাইট বা কাষ্ট আয়রণ হাতের কাছে রাখা উচিত। G-1 নামে পরিচিত একপ্রকার অগ্নিনির্বাপক পাউডার বাজারে পাওয়া যায়। বাটলি খুব বেশী ফীডে কাটা উচিত, কারণ মোটা চিপ স জ্বলিতে দেরী হয়। মেসিনে বেশী চিপ্‌স জমিতে দেওয়া উচিত নহে।

5. **স্টীল**ঃ—কোল্ড ফিনিস্‌ড বার হাল্কা খনিজ তৈল, মিনারেল লার্ড অয়েল (খনিজ তৈলের সহিত লার্ড অয়েলের সংমিশ্রণে প্রস্তুত) বা সালফিউরাইজ্‌ড মিনারেল অয়েলে ভাল কাটে। জলের ইমাল্সন দ্বারা কাষ্টিং ভাল কাটে এবং খরচও কম পড়ে। থ্রেড কাটিতে, ড্রিল করিতে, ব্রোচিং করিতে বা এই প্রকারের কাজ, যাহা কম স্পীডে কাটিতে হয়, কাটিবার সময় লুব্রিকেটিং অয়েল যেমন—মিশ্রিত তৈল বা সালফিউরাইজ্‌ড অয়েল ব্যবহার করিতে হয়।

6. **দস্তা** (Zinc)ঃ—সাধারণতঃ জলের ইমাল্সনে কাটা হয়। কাটার পর মালটিকে প্রথমে কোন ক্ষার পরিষ্কারকের দ্বারা ধুইয়া লইয়া তাহার পর গরম এবং ঠাণ্ডা জলে ধুইয়া শুকাইয়া লইতে হয়।

মোর্স এবং ব্রাউন এণ্ড সার্প টেপার

(পরের পৃষ্ঠার তালিকা দ্রষ্টব্য)

মোর্স ষ্ট্যাণ্ডার্ড

(প্রতিটি মাপ

(পূর্ব পৃষ্ঠার

টেপার নম্বর	প্লাগের মুখের মাপ	সকেটের মুখের মাপ	শ্যাঙ্ক		সকেটের হোলের গভীরতা	ষ্ট্যাণ্ডার্ড প্লাগের গভীরতা
			সম্পূর্ণ দৈর্ঘ্য	সকেটের অভ্যন্তর অংশের দৈর্ঘ্য		
	D	A	B	S	H	P
0	0·252	0·356	$2\frac{11}{32}$	$2\frac{7}{32}$	$2\frac{1}{32}$	2
1	0·369	0·475	$2\frac{9}{16}$	$2\frac{7}{16}$	$2\frac{3}{16}$	$2\frac{1}{8}$
2	0·572	0·700	$3\frac{1}{8}$	$2\frac{15}{16}$	$2\frac{5}{8}$	$2\frac{9}{16}$
3	0·778	0·938	$3\frac{7}{8}$	$3\frac{11}{16}$	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{16}$
4	1·020	1·231	$4\frac{7}{8}$	$4\frac{5}{8}$	$4\frac{1}{8}$	$4\frac{1}{16}$
5	1·475	1·748	$6\frac{1}{8}$	$5\frac{7}{8}$	$5\frac{1}{4}$	$5\frac{3}{16}$
6	2·116	2·494	$8\frac{9}{16}$	$8\frac{1}{4}$	$7\frac{3}{8}$	$7\frac{1}{8}$
7	2·750	3·270	$11\frac{1}{4}$	$11\frac{5}{8}$	$10\frac{1}{8}$	10

ব্রাউন এণ্ড

4	0·350	$1\frac{11}{16}$	0·420	$2\frac{3}{16}$	$2\frac{3}{32}$	$1\frac{13}{16}$
5	0·450	$2\frac{1}{8}$	0·539	$2\frac{21}{32}$	$2\frac{9}{16}$	$2\frac{1}{4}$
6	0·500	$2\frac{5}{8}$	0·599	$2\frac{31}{32}$	$2\frac{7}{8}$	$2\frac{1}{2}$
7	0·600	$2\frac{7}{8}$	0·720	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{13}{32}$	3
8	0·750	$3\frac{9}{16}$	0·898	$4\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{8}$	$3\frac{11}{16}$
9	0·900	$4\frac{1}{4}$	1·077	5	$4\frac{7}{8}$	$4\frac{3}{8}$
10	1·0446	5	1·260	$5\frac{27}{32}$	$5\frac{23}{32}$	$5\frac{1}{8}$
11	1·250	$5\frac{15}{16}$	1·498	$6\frac{25}{32}$	$6\frac{21}{32}$	$6\frac{1}{16}$
12	1·500	$7\frac{1}{8}$	1·797	$8\frac{1}{16}$	$7\frac{15}{16}$	$7\frac{1}{4}$

টেপার
ইঞ্চিতে)
চিত্র দ্রষ্টব্য)

ট্যাং		ব্যাস	চাবির ঘাট		সকেট থেকে চাবির ঘাটের দূরত্ব	প্রতি ফুটে টেপার	টেপার কোণ (অক্ষের সহিত)
বেধ	দৈর্ঘ্য		চওড়া	দৈর্ঘ্য			
t	T	d	W	L			
5/32	1/4	0·235	0·160	9/16	1 15/16	0·625	1°30′
13/64	3/8	0·343	0·213	3/4	2 1/16	0·600	1°26′
1/4	7/16	17/32	0·260	7/8	2 1/2	0·602	1°26′
5/16	9/16	23/32	0·322	1 3/16	3 1/16	0·602	1°26′
15/32	5/8	31/32	0·478	1 1/4	3 7/8	0·623	1°29′
5/8	3/4	1 13/32	0·635	1 1/2	4 15/16	0·630	1°31′
3/4	1 1/8	2	0·760	1 3/4	7	0·626	1°30′
1 1/8	1 3/8	2 5/8	1·135	2 5/8	9 1/2	0·626	1°30′

শার্প টেপার

7/32	0·320	11/32	0·228	11/16	1 41/64	·500	1°12′
1/4	0·420	3/8	0·260	3/4	2 1/32	„	„
9/32	0·460	7/16	0·291	7/8	2 19/64	„	„
5/16	0·560	15/32	0·322	15/16	2 25/32	„	„
11/32	0·710	1/2	0·353	1	3 29/64	„	„
3/8	0·860	9/16	0·385	1 1/8	4 1/8	„	„
7/16	1·010	21/32	0·447	1 5/16	4 27/32	·5161	1°14′
7/16	1 210	21/32	0·447	1 5/16	5 25/32	·500	1°12′
1/2	1·460	3/4	0·510	1 1/2	6 15/16	„	„

চৌকা এবং গোল মাইল্ড ষ্টীলের বারের ওজন

(Weight of M. S. Square and Round Bar)

ব্যাস বা ফ্ল্যাট হইতে ফ্ল্যাটের প্রস্থ	প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যের ওজন W	
	□	⊙
mm (মিঃ মিঃ)	*kg.* (কিঃ গ্রাঃ)	*kg.* (কিঃ গ্রাঃ)
5·0	0·20	0·15
5·5	0·24	0·19
6·0	0·28	0·22
7·0	0·38	0·30
8·0	0·50	0·39
9·0	0·64	0·50
10·0	0·78	0·62
11	0·95	0·75
12	1·13	0·89
14	1·54	1·21
16	2·01	1·58
18	2·54	2·00
20	3·14	2·47
22	3·80	2·98
25	4·91	3·85
26	6·15	4·83
32	8·04	6·31
36	10·17	7·99
40	12·56	9·86
45	15·90	12·49
50	19·62	15·41
56	24·62	19·34
63	31·16	24·47
71	39·57	31·08
80	50·24	39·46
90	63·58	49·94
100	78·50	61·66
110	94·98	74·60
125	122·66	98·34
140	153·86	120·84
160	200·96	157·84
180	254·34	199·76
200	314·00	246·62

ইণ্ডিয়ান ষ্ট্যাণ্ডার্ড স্ক্রু থ্রেডের মাপ প্রকাশের রীতি (মিলিমিটারে)

একটি স্ক্রু থ্রেডকে পরিষ্কার রূপে বোঝাইতে হইলে, উহার (১) মাপ এবং (২) টলারেন্স উভয়ই বলা দরকার।

মাপ—বর্তমানে প্রচলিত ইণ্ডিয়ান ষ্ট্যাণ্ডার্ড মিলিটার স্ক্রু থ্রেড কি মাপের তাহা বোঝাইবার জন্য প্রথমে M লিখিয়া তাহার পর ব্যাস এবং পিচ্ পর পর লিখিতে হয় এবং উহাদের মধ্যে একটি গুণের চিহ্ন (×) বসাইতে হয়। যেখানে পিচ্ সম্বন্ধে কিছু লেখা থাকে না, সেখানে বুঝিতে হইবে উহা কোর্স থ্রেড বা মোটা গুনো।

টলারেন্স—(ক) টলারেন্স কোন শ্রেণীর তাহা নিম্নলিখিতভাবে বোঝান হয়।

7 বলিতে মিহি শ্রেণী (ফাইন গ্রেড) বোঝায়।
8 „ মাঝারি (নর্মাল বা মিডিয়াম) শ্রেণী বোঝায়।
9 „ মোটা (কোর্স) শ্রেণী বোঝায়।

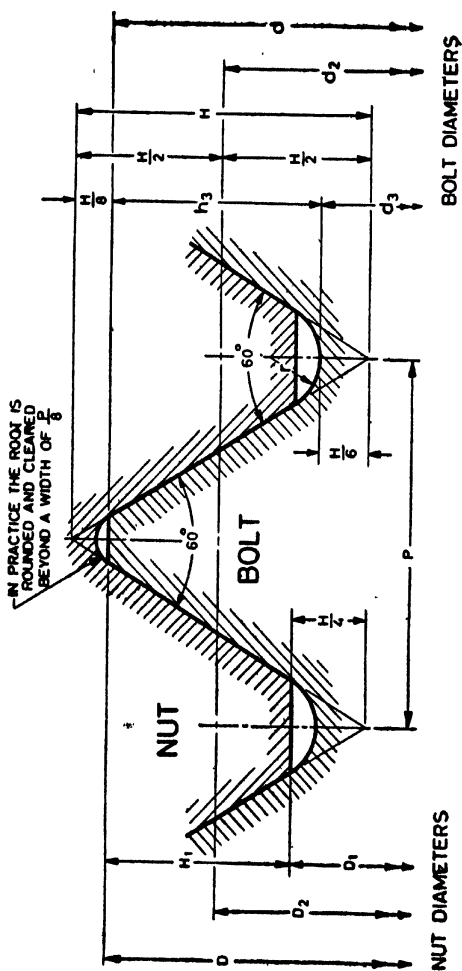
(খ) নিম্নলিখিত অক্ষর দ্বারা টলারেন্সের প্রকৃতি বোঝায়

H বলিতে নাটের থ্রেড বোঝায়।
d „ এলাওয়েন্স সমেত বোল্ট থ্রেড বোঝায়।
h „ এলাওয়েন্স ছাড়া „ „ „

উদাহরণ: (১) একটি 16 মিলিমিটার ব্যাসের বোল্ট কোর্স পিচ এবং নর্মাল (মিডিয়াম) টলারেন্স বিশিষ্ট হইলে এবং থ্রেডে এলাওয়েন্স দেওয়া থাকিলে নিম্নলিখিত ভাবে লেখা হয়—

M 16—8d.

(২) একটি 16 মিলিমিটার মাপের নাট ফাইন থ্রেড এবং ফাইন টলারেন্স বিশিষ্ট হইলে উহা নিম্নলিখিত ভাবে লিখিতে হইবে—

M 16×1·5—7H.

P = Pitch

$H = 0{\cdot}866\,03\,P$

$D = d$ = Major diameter

$D_2 = d_2 = d - \frac{3}{4}H$

$= d - 0{\cdot}649\,5\,P$

$$D_1 = d_2 - 2\left[\frac{H}{2} - \frac{H}{4}\right] = d - 2H_1 = d - 1{\cdot}082\,5\,P$$

$$d_3 = d_2 - 2\left[\frac{H}{2} - \frac{H}{6}\right] = d - 1{\cdot}226\,8\,P$$

$$H_1 = \frac{D - D_1}{2} = \frac{5}{8}H = 0{\cdot}541\,2\,P$$

$$h_3 = \frac{d - d_3}{2} = \frac{17}{24}H = 0{\cdot}613\,4\,P$$

$$r = \frac{H}{6} = 0{\cdot}144\,3\,P$$

ইণ্ডিয়ান ষ্ট্যাণ্ডার্ড মেট্রিক স্ক্রু—নাট এবং বোল্ট

ইণ্ডিয়ান ষ্ট্যাণ্ডার্ড মিলিমিটার থ্রেড

কোর্স (course)		ফাইন (fine)	
মাপ	পিচ	মাপ	পিচ
M 1·6	0·35	M8×1	1
(M 1·8)	0·35	M10×1·25	1·25
M 2	0·4	M12×1·25	1·25
(M 2·2)	0·45	(M14×1·5)	1·5
M 2·5	0·45	M16×1·5	1·5
M 3	0·5	(M18×1·5)	1·5
(M 3·5)	0·6	M20×1·5	1·5
M 4	0·7	(M22×1·5)	1·5
(M 4·5)	0·75	M24×2	2
M 5	0·8	(M27×2)	2
M 6	1	M30×2	2
(M 7)	1	M33×2	2
M 8	1·25	M36×3	3
M 10	1·5	M39×3	3
M 12	1·75		
(M 14)	2		
M 16	2		
(M 18)	2·5		
M 20	2·5		
(M 22)	2·5		
M 24	3		
(M 27)	3		
M 30	3·5		
(M 33)	3·5		
M 36	4		
(M 39)	4		

ব্র্যাকেটের (বন্ধনীর) ভিতর যে মাপগুলি আছে ঐগুলি তুলিয়া দিবার কথা বিবেচনা করা হইতেছে। সেই জন্য ঐ সকল মাপের নাট বা বল্টু যতদূর সম্ভব তৈয়ারি না করাই ভাল।

ইণ্ডিয়ান ষ্ট্যাণ্ডার্ড মিলিমিটার থ্রেড কাটিবার চেঞ্জ-হুইল

(63 সংখ্যক দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার সাহায্যে)

যে থ্রেড কাটিতে হইবে তাহার পিচ	লিড স্ক্রু ¼ ইঞ্চি পিচ		লিড স্ক্রু ½ ইঞ্চি পিচ	
মিলিমিটার	চালক	চালিত	চালক	চালিত
1	63×20	80×100	—	—
1·25	63×25	80×100	—	—
1·5	63×30	80×100	—	—
1·75	63×35	80×100	—	—
2	63×40	80×100	63×20	80×100
2·5	63×50	80×100	63×25	80×100
3	63×60	80×100	63×30	80×100
3·5	63×70	80×100	63×35	80×100
4	63×20	40×50	63×40	80×100

ইণ্ডিয়ান ষ্ট্যাণ্ডার্ড মিলিমিটার থ্রেড কাটিবার চেঞ্জ-হুইল

(127 সংখ্যক দাঁতবিশিষ্ট গিয়ার সাহায্যে)

যে থ্রেড কাটিতে হইবে তাহার পিচ	লিড স্ক্রু ¼ ইঞ্চি পিচ		লিড স্ক্রু ½ ইঞ্চি পিচ	
মিলিমিটার	চালক	চালিত	চালক	চালিত
0·35	20×35	127×100	—	—
0·4	20×40	127×100	20×20	127×100
0·45	20×45	127×100	—	—
0·5	20×50	127×100	20×25	127×100
0·6	20×60	127×100	20×30	127×100
0·7	20×70	127×100	20×35	127×100
0·75	20×75	127×100	25×30	127×100
0·8	20×80	127×100	20×40	127×100
1	40×50	127×100	20×50	127×100
1·25	20×100	127×80	25×50	127×100
1·5	20×90	127×60	20×75	127×100
1·75	20×105	127×60	25×70	127×100
2	40	127	40×50	127×100
2·5	50	127	20×100	127×60
3	60	127	20×90	127×60
3·5	70	127	20×105	127×60
4	80	127	40	127

মিলিমিটার পিচের চেঞ্জ-হুইল

যে থ্রেড কাটিতে হইবে তাহার পিচ	লিড স্ক্রু ½ ইঞ্চি পিচ		লিড স্ক্রু ¼ ইঞ্চি পিচ	
মিলিমিটার	চালক	চালিত	চালক	চালিত
1 ('039 in.)	63 × 20 35 × 45	80 × 100 100 × 100	21 × 30 21 × 45	80 × 100 100 × 120
2 ('079 in.)	63 × 30 63 × 40	60 × 100 80 × 100	63 × 20 63 × 30	80 × 100 100 × 120
3 ('118 in.)	63 × 30 63 × 45	40 × 100 60 × 100	63 × 30 63 × 45	80 × 100 100 × 120
4 ('157 in.)	63 × 30 63 × 20	50 × 60 40 × 50	63 × 30 63 × 20	60 × 100 50 × 80
5 ('197 in.)	63 × 30 45 × 70	40 × 60 50 × 80	63 × 30 45 × 70	60 × 80 80 × 100
6 ('236 in.)	63 × 45 63 × 60	50 × 60 50 × 80	63 × 30 63 × 45	50 × 80 60 × 100
7 ('275 in.)	63 × 35 63 × 70	40 × 50 50 × 80	63 × 35 63 × 70	50 × 80 80 × 100
8 ('315 in.)	63 63 × 45	50 50 × 70	63 63 × 45	100 60 × 75
9 ('354 in.)	63 × 90 63 × 45	50 × 80 40 × 50	63 × 45 63 × 90	50 × 80 80 × 100
10 ('393 in.)	63 70 × 90	40 50 × 80	63 70 × 90	80 80 × 100
11 ('433 in.)	63 × 55 63 × 110	25 × 80 50 × 80	63 × 55 63 × 110	50 × 80 80 × 100
12 ('474 in.)	63 × 30 63 × 60	20 × 50 40 × 50	63 × 30 63 × 60	40 × 50 50 × 80
13 ('512 in.)	63 × 65 63 × 65	40 × 50 25 × 80	63 × 65 63 × 65	40 × 100 50 × 80
14 ('551 in.)	63 × 70 63 × 105	40 × 50 40 × 75	63 × 70 63 × 70	50 × 80 40 × 100
15 ('591 in.)	63 × 75 63 × 90	40 × 50 40 × 60	63 × 75 63 × 90	50 × 80 60 × 80
16 ('630 in.)	63 × 80 63 × 60	40 × 50 30 × 50	63 × 80 63 × 60	50 × 80 50 × 60
17 ('660 in.)	63 × 85 63 × 85	20 × 100 40 × 50	63 × 85 63 × 85	40 × 100 50 × 80
18 ('708 in.)	63 × 90 63 × 45	40 × 50 20 × 50	63 × 90 63 × 45	50 × 80 40 × 50
19 ('748 in.)	63 × 95 63 × 95	40 × 50 20 × 100	63 × 95 63 × 95	50 × 80 40 × 100

মিলিমিটার পিচের চেঞ্জ-হুইল

যে থ্রেড কাটিতে হইবে তাহার পিচ	লিড স্ক্রু $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি পিচ		লিড স্ক্রু $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি পিচ	
মিলিমিটার	চালক	চালিত	চালক	চালিত
20 (·787 in.)	63 × 75	25 × 60	63 × 75	50 × 60
	63 × 60	30 × 40	63 × 60	40 × 60
21 (·826 in.)	63 × 63	20 × 60	63 × 63	40 × 60
	63 × 63	30 × 40	63 × 63	30 × 80
22 (·866 in.)	63 × 55	20 × 50	63 × 55	40 × 50
	63 × 100	40 × 50	63 × 100	50 × 80
23 (·905 in.)	63 × 46	20 × 40	63 × 46	40 × 40
	63 × 115	40 × 50	63 × 115	50 × 80
24 (·945 in.)	63 × 90	30 × 50	63 × 90	50 × 60
	63 × 60	20 × 50	63 × 60	40 × 50
25 (·984 in.)	63 × 50	20 × 40	63 × 50	20 × 80
	70 × 90	40 × 40	70 × 90	40 × 80
26 (1·023 in.)	63 × 65	20 × 50	63 × 65	25 × 80
	63 × 65	25 × 40	63 × 65	40 × 50
27 (1·063 in.)	63 × 54	20 × 40	63 × 54	20 × 80
	63 × 81	30 × 40	63 × 81	40 × 60
28 (1·102 in.)	63 × 70	20 × 50	63 × 70	40 × 50
	63 × 70	25 × 40	63 × 70	25 × 80
29 (1·140 in.)	63 × 58	20 × 40	63 × 58	20 × 80
	63 × 145	20 × 100	63 × 145	40 × 100
30 (1·180 in.)	63 × 60	20 × 40	63 × 60	20 × 80
	63 × 90	30 × 40	63 × 90	40 × 60
31 (1·220 in.)	63 × 62	20 × 40	62 × 62	20 × 80
	63 × 62	25 × 32	63 × 62	·40 × 40
32 (1·260 in.)	63 × 60	25 × 30	63 × 60	30 × 50
	63 × 80	25 × 40	63 × 80	40 × 50
33 (1·300 in.)	33 × 63	20 × 20	66 × 63	20 × 80
	66 × 63	20 × 40	63 × 99	40 × 60
34 (1·338 in.)	63 × 85	20 × 50	63 × 85	40 × 50
	63 × 85	25 × 40	63 × 85	25 × 80
35 (1·378 in.)	63 × 70	20 × 40	63 × 70	40 × 40
	63 × 105	30 × 40	63 × 70	20 × 80
36 (1·417 in.)	63 × 90	20 × 50	63 × 90	40 × 50
	63 × 90	25 × 40	63 × 90	25 × 80
37 (1·456 in.)	63 × 37	20 × 20	63 × 37	20 × 40
	63 × 74	20 × 40	63 × 74	20 × 80
38 (1·496 in.)	63 × 95	25 × 40	63 × 95	40 × 50
	63 × 95	20 × 50	63 × 95	20 × 100

মিলিমিটার পিচের চেঞ্জ-হুইল

যে থ্রেড কাটিতে হইবে তাহার পিচ	লিড স্ক্রু ¼ ইঞ্চি পিচ		লিড স্ক্রু ½ ইঞ্চি পিচ	
মিলিমিটার	চালক	চালিত	চালক	চালিত
39 (1·535 in.)	63 × 78 63 × 78	20 × 40 25 × 32	63 × 78 63 × 78	40 × 40 20 × 80
40 (1·575 in.)	63 × 80 63 × 40	20 × 40 20 × 20	63 × 80 70 × 90	40 × 40 40 × 50
42 (1·653 in.)	63 × 84 63 × 105	20 × 40 20 × 40	63 × 105 63 × 81	40 × 50 20 × 80
44 (1·732 in.)	63 × 55 63 × 110	20 × 25 25 × 40	63 × 55 63 × 110	20 × 50 40 × 50
45 (1·770 in.)	63 × 45 63 × 90	20 × 20 20 × 40	63 × 45 63 × 90	20 × 40 40 × 40
46 (1·811 in.)	63 × 115 63 × 115	20 × 50 25 × 40	63 × 115 63 × 115	40 × 50 20 × 100
48 (1·890 in.)	63 × 60 63 × 90	20 × 25 25 × 30	63 × 60 63 × 90	25 × 40 30 × 50
50 (1·968 in.)	63 × 50 63 × 75	20 × 20 20 × 30	63 × 50 63 × 75	20 × 40 30 × 40
55 (2·165 in.)	63 × 55 63 × 110	20 × 20 20 × 40	63 × 55 63 × 110	20 × 40 40 × 40
60 (2·362 in.)	63 × 60 63 × 90	20 × 20 20 × 30	63 × 60 63 × 75	20 × 40 20 × 50
65 (2·560 in.)	63 × 65 63 × 78	20 × 20 20 × 24	63 × 65 63 × 78	20 × 40 20 × 48
70 (2·756 in.)	63 × 70 63 × 105	20 × 20 20 × 30	63 × 70 63 × 105	20 × 40 20 × 60
75 (2·953 in.)	63 × 75 63 × 90	20 × 20 20 × 24	63 × 75 63 × 90	20 × 40 20 × 48
80 (3·149 in.)	63 × 80 63 × 100	20 × 20 20 × 25	63 × 80 63 × 100	20 × 40 25 × 40
85 (3·346 in.)	63 × 85 63 × 102	20 × 20 20 × 24	63 × 85 63 × 102	20 × 40 24 × 40
90 (3·543 in.)	63 × 90 63 × 108	20 × 20 20 × 24	63 × 90 63 × 108	20 × 40 40 × 24
95 (3·740 in.)	63 × 95 63 × 76	20 × 20 20 × 16	63 × 95 63 × 76	20 × 40 20 × 32
100 (3·930 in.)	63 × 100 70 × 90	20 × 20 20 × 20	63 × 100 70 × 90	20 × 40 20 × 40

ইংলিশ থ্রেডের চেঞ্জ-গিয়ারের তালিকা

(দুই সেট চেঞ্জ গিয়ার দেওয়া হইয়াছে)

ইঞ্চি প্রতি থ্রেডের সংখ্যা	লিড স্ক্রু $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি পিচ		লিড স্ক্রু $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি পিচ	
	চালক	চালিত	চালক	চালিত
50	20 30	75 100	20 20	100 100
	20 40	80 125	20 30	120 125
48	20 25	60 100	20 25	100 120
	25 30	75 120	20 20	80 120
45	20 30	75 90	20 20	75 120
	20 40	90 100	20 25	90 125
40	20 55	100 110	20 30	100 120
	20 40	80 100	20 25	100 100
35	30 40	100 105	20 30	100 105
	20 40	70 100	25 30	105 125
30	20 65	90 100	20 40	100 120
	20 50	75 100	20 35	100 105
28	20 30	40 105	20 25	70 100
	20 30	60 70	20 45	105 120
26	20 30	60 65	20 25	65 100
	25 40	65 100	20 30	65 120
25	30 40	75 100	20 30	75 100
	20 60	75 100	20 60	120 125
24	20	120	25 30	75 120
	20 40	60 80	20 25	60 100
23	20	115	20 50	100 115
	30 40	60 115	20 30	60 115
22	20	110	20 30	60 110
	30 50	76 115	20 40	80 110
21	20 40	60 70	20 40	70 120
	30 40	70 90	20 30	70 90
20	20	100	20 40	80 100
	20 40	50 80	20 35	70 100
19	20	95	25 40	95 100
	30 40	60 95	20 60	95 120
18	20	90	25 40	75 120
	30 40	60 90	35 40	105 120

ইংলিশ থ্রেডের চেঞ্জ-গিয়ার

ইঞ্চি প্রতি থ্রেডের সংখ্যা	লিড স্ক্রু $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি পিচ		লিড স্ক্রু $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি পিচ	
	চালক	চালিত	চালক	চালিত
17	20 30 40	85 60 85	20 60 20 45	85 120 85 90
16	20 35 40	80 70 80	25 30 30 45	50 120 90 120
15	20 20 40	75 30 100	20 80 20 70	100 120 100 105
14	20 30 40	70 60 70	20 75 20 50	100 105 70 100
13	20 40 45	65 65 90	20 50 20 60	65 100 65 120
12	20 30 50	60 60 75	20 25 60	120 90 100
11	40 30 40	110 55 60	20 30 60	110 90 110
10	40 30 40	100 50 60	20 35 60	100 100 105
9	40 30 40	90 45 60	20 30 70	90 90 105
8	40 20 75	80 50 60	20 35 60	80 70 120
7½	40 20 80	75 50 60	20 30 80	75 75 120
7	40 30 80	70 60 70	20 30 80	70 70 120
6½	40 30 60	65 45 65	20 30 80	65 65 120
6	30 20 60	45 40 45	30 35 80	90 70 120
5½	40 40 60	55 30 110	20 40	55 110
5	40 60	50 75	30 40	75 100

ইংলিশ থ্রেডের চেঞ্জ-গিয়ার

ইঞ্চি প্রতি থ্রেডের সংখ্যা	লিড স্ক্রু $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি পিচ		লিড স্ক্রু $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি পিচ	
	চালক	চালিত	চালক	চালিত
4½	40 40 100	45 75 60	40 20	90 45
4	40 30 105	40 90 35	30 40	60 80
3½	40 40 60	35 30 70	40 30 90	70 45 105
3¼	80 70 40	65 35 65	40 50 80	65 65 100
3	80 40	60 30	40 30	60 45
2⅞	40 100 40 120	115 25 115 30	20 100 40 100	115 25 115 50
2¾	80 60 100	55 55 75	40 80	55 110
2⅝	40 100 40 120	105 25 105 30	80 40 110	105 105 50
2½	80 40 80	50 75 30	40 40 120	50 100 60
2⅜	40 100 40 120	95 25 95 30	80 40 100	95 95 50
2¼	80 40 100	45 75 30	40 40 100	45 90 50
2	80 40 75	40 50 30	60 30 75	60 90 25
1⅞	40 80 40 80	50 30 75 20	80 40 80	75 100 30
1¾	80 80 100	35 70 50	80 60 90	70 105 45
1⅝	60 80 50 80	65 30 55 25	60 100 40 90	75 65 65 45
1½	80 60 100	30 75 30	80 60 110	60 90 55

ইংলিশ থ্রেডের চেঞ্জ-গিয়ার

ইঞ্চি প্রতি থ্রেডের সংখ্যা	লিড স্ক্রু $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি পিচ		লিড স্ক্রু $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি পিচ	
	চালক	চালিত	চালক	চালিত
$1\frac{3}{8}$	80 120	110 30	80	55
	80 50	55 35	80 70	110 35
$1\frac{1}{4}$	80	25	80	50
	80 120	75 40	40 120	100 30
$1\frac{1}{8}$	60 80	45 30	80	45
	80 100	50 45	80 100	90 50
1	100	25	60	30
	80 100	50 40	80	40
One Thread in $1\frac{1}{4}$	100 120	60 40	100	40
	75 50	30 25	80 75	60 40
One Thread in $1\frac{1}{2}$	80 90	40 30	90	30
	70 75	35 25	60 70	40 35
One Thread in $1\frac{3}{4}$	70 75	30 25	75 105	90 25
	80 105	40 30	70 105	60 35
One Thread in 2	80 100	40 25	80 60	40 30
	75 80	30 25	70 110	55 35
One Thread in $2\frac{1}{4}$	75 90	30 25	90 105	60 35
	90 100	40 25	70 90	40 35
One Thread in $2\frac{1}{2}$	100 75	30 25	75 100	50 30
	100 120	40 30	75 110	55 30
One Thread in $2\frac{3}{4}$	100 110	40 25	100 110	50 40
	100 75	30 25	90 110	45 40
One Thread in 3	90 110	30 25	90 100	50 30
	105 120	35 30	75 150	50 25

প্রতি সেটে বাইশটি চেঞ্জ-গিয়ার দেওয়া থাকে। ২০ দাঁতের তারপর 25, 30, এইরূপে পাঁচ পাঁচ অন্তর বাড়িয়া বড়টি 120 দাঁতের (2! টি)। সাধারণতঃ 20 দাঁতের গিয়ার দুইটি থাকে। মোট 22টি।

বিভিন্ন ধাতুর উপযোগী কাটিং স্পীড

ধাতু	কাটিং স্পীড (ফিট প্রতি মিনিটে)				
	টার্ণিং এবং বোরিং		থ্রেডিং	ড্রিলিং	রিমিং
	রাফ	ফিনিস			
কাষ্ট আয়রণ (নরম ও মাঝারি)	60 হইতে 80	60 হইতে 80	30 হইতে 35	60	20
কাষ্ট আয়রণ (শক্ত)	40 হইতে 60	40 হইতে 60	10 হইতে 30	25	20
নরম ষ্টীল	60 হইতে 120	40 হইতে 75	35 হইতে 50	90	20
শক্ত ষ্টীল	20 হইতে 35	10 হইতে 25	10 হইতে 15	35	10
ব্রাস, ইয়েলো	150 হইতে 200	100 হইতে 150	যাহাতে না কাঁপে তার জন্য যতদূর সম্ভব বেশী	200 হইতে 300	40 হইতে 50
ফসফরাস এবং ম্যাঙ্গানিজ ব্রোঞ্জ	30 হইতে 80	25 হইতে 60	20 হইতে 40	50	20
মোনেল মেটাল	50 হইতে 60	25 হইতে 35	20 হইতে 35	50 হইতে 60	15 হইতে 20
অ্যালুমিনিয়াম	125 হইতে 150	80 হইতে 125	যাহাতে না কাঁপে তার জন্য যতদূর সম্ভব বেশী	125 হইতে 150	35
তামা (Copper)	60 হইতে 120	60 হইতে 120	50 হইতে 100	80	20
ব্যাবিট	150 হইতে 200	150 হইতে 200	যাহাতে না কাঁপে তার জন্য যতদূর সম্ভব বেশী	150	40 হইতে 50

এবং লুব্রিক্যান্ট্‌স-এর তালিকা

লুব্রিক্যান্ট্‌স (Lubricants)				
টার্ণিং এবং বোরিং		থ্রেডিং	ড্রিলিং	রিমিং
রাফ	ফিনিস			
শুষ্ক	শুষ্ক	শুষ্ক	শুষ্ক	শুষ্ক অথবা চর্বি এবং গ্রাফাইট
শুষ্ক অথবা কুলান্ট	শুষ্ক অথবা তারপিন	শুষ্ক অথবা তারপিন তেল	শুষ্ক, তারপিন তেল অথবা কেরোসিন তেল	কেরোসিন
যে কোন কুলান্ট	কাটিং কম্পাউণ্ড কাটিং অয়েল সোপ ওয়াটার	কাটিং কম্পাউণ্ড, কাটিং অয়েল, সাবান জল	যে কোন কুলান্ট	মেসিন অয়েল কাটিং কম্পাউণ্ড
যে কোন কুলান্ট	মিনারেল লার্ড অয়েল	মিনারেল লার্ড অয়েল	কেরোসিন, কড়া সাবান জল	মিনারেল লার্ড অয়েল
শুষ্ক অথবা কুলান্ট	শুষ্ক	কেরোসিন অথবা তারপিন তেল	শুষ্ক	কেরোসিন অথবা তারপিন তেল
যে কোন কুলান্ট	মিনারেল, লার্ড অয়েল	মিনারেল লার্ড অয়েল	শুষ্ক অথবা যে কোন কুলান্ট	শুষ্ক অথবা মিনারল লার্ড অয়েল
শুষ্ক অথবা যে কোন কুলান্ট	মিনারেল, লার্ড অয়েল	মিনারেল লার্ড অয়েল	মিনারেল লার্ড অয়েল	মিনারল লার্ড অয়েল
শুষ্ক অথবা কেরোসিন	কেরোসিন	কেরোসিন	শুষ্ক	কেরোসিনের সহিত 252 সলিউব্‌ল কাটিং অয়েল
শুষ্ক, লার্ড অয়েল এবং তারপিন	লার্ড অয়েল এবং তারপিন তেলের মিশ্র	শুষ্ক অথবা লার্ড অয়েল এবং তারপিন তেলের মিশ্র	শুষ্ক, কুলিং কম্পাউণ্ড, লার্ড অয়েল এবং তারপিন তেল	শুষ্ক
শুষ্ক	কেরোসিন এবং মিনারেল লার্ড অয়েলের	কেরোসিন এবং মিনারেল লার্ড অয়েলের মিশ্র	কেরোসিন অথবা তারপিন তেল	কেরোসিন

ভগ্নাংশের সমতুল দশমিক

Decimal Equivalents of Fractions

1/64	·015625	23/64	·359375	45/64	·703125
1/32	03125	3/8	·375	23/32	71875
3/46	·046875	25/64	·390625	47/64	·734375
1/16	·0625	13/32	·40625	3/4	·75
5/64	·078125	27/64	·421875	49/64	·765625
3/32	·09375	7/16	·4375	25/32	·78125
7/64	·109375	29/64	·453125	51/64	·796875
1/8	·125	15/32	·46875	13/16	·8125
9/64	·140625	31/64	·484375	53/64	·828125
5/32	·15625	1/2	·5	27/32	·84375
11/64	·171875	33/64	·516255	55/64	·859375
3/16	·1875	17/32	·53125	7/8	·875
13/64	·203125	35/64	·546875	57/64	·890625
7/32	·21875	9/16	·5625	29/32	·90625
15/64	·234375	37/64	·578125	59/64	·921875
1/4	·25	19/32	·59375		
17/64	·265625	39/64	·609375	15/16	·9375
9/32	·28125	5/8	·625	61/64	·953125
19/64	·296875	41/64	·640625	31/32	·96875
5/16	·3125	21/32	·65625		
21/64	·328125	43/64	·671875	63/64	·984375
11/32	·34375	11/16	6875	1	1·0

মিলিমিটার ও তাহাদের সমতুল ইঞ্চি

(Milimeters and their Equivalents in Inches)

মিলি মিটার mm.	ইঞ্চি Inches	মিলি মিটার mm.	ইঞ্চি Inches	মিলি মিটার mm.	ইঞ্চি Inches	মিলি মিটার mm	ইঞ্চি Inches
1	0·0394	26	1 0236	51	2·0079	76	2·9922
2	0·0787	27	1·0630	52	2·0473	77	3·0315
3	0·1181	28	1·1024	53	2·0866	78	3·0709
4	0·1575	29	1·1417	54	2·1260	79	3·1103
5	0·1968	30	1·1811	55	2·1654	80	3·1496
6	0·2362	31	1·2205	56	2·2047	81	3·1890
7	0·2756	32	1·2598	57	2·2441	82	3·2284
8	0·3150	33	1·2992	58	2·2835	83	3·2677
9	0·3543	34	1·3386	59	2·3228	84	3·3071
10	0·3937	35	1·3780	60	2 3622	85	3·3465
11	0·4331	36	1·4173	61	2·4016	86	3·3859
12	0·4724	37	1·4567	62	2·4410	87	3·4252
13	0 5118	38	1·4961	63	2·4803	88	3·4646
14	0·5512	39	1·5354	64	2 5197	89	3·5040
15	0·5906	40	1·5748	65	2·5591	90	3·5433
16	0·6299	41	1·6142	66	2·5984	91	3·5827
17	0·6693	42	1·6536	67	2·6378	92	3·6221
18	0·7087	43	1·6929	68	2 6772	93	3·6614
19	0·7480	44	1·7323	69	2·7166	94	3·7008
20	0·7874	45	1·7717	70	2·7559	95	3·7402
21	0·8268	46	1·8110	71	2·7953	96	3·7796
22	0·8661	47	1·8504	72	2·8347	97	3·8189
23	0·9055	48	1·8898	73	2 8740	98	3·8583
24	0·9449	49	1·9291	74	2·9134	99	3·8977
25	0·3849	50	1·9685	75	2·9528	100	3·9370

হাই-স্পীড ষ্টীল নির্মিত টুইষ্ট ড্রিলের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য স্পীড এবং ফীড

(Speeds and Feeds for High Speed Steel Twist Drills)

রট.আয়রণ ও মাইল্ড ষ্টীলের জন্য মোটামুটি স্পীড ও ফীড			সাধারণ কাষ্ট আয়রণের জন্য মোটামুটি স্পীড ও ফীড		
ড্রিলের ব্যাস (ইঞ্চিতে)	প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন	প্রতি ইঞ্চি ফীডে ঘূর্ণন	ড্রিলের ব্যাস (ইঞ্চিতে)	প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন	প্রতি ইঞ্চি ফীডে ঘূর্ণন
$\frac{1}{4}$	1025	250	$\frac{1}{4}$	1200	265
$\frac{5}{16}$	875	225	$\frac{5}{16}$	900	240
$\frac{3}{8}$	750	200	$\frac{3}{8}$	865	220
$\frac{7}{16}$	650	150	$\frac{7}{16}$	750	160
$\frac{1}{2}$	550	100	$\frac{1}{2}$	630	110
$\frac{5}{8}$	450	100	$\frac{5}{8}$	520	110
$\frac{3}{4}$	375	100	$\frac{3}{4}$	430	110
$\frac{7}{8}$	325	100	$\frac{7}{8}$	375	110
1	275	75	1	320	85
$1\frac{1}{8}$	250	75	$1\frac{1}{8}$	290	85
$1\frac{1}{4}$	225	75	$1\frac{1}{4}$	260	85
$1\frac{3}{8}$	200	75	$1\frac{3}{8}$	230	85
$1\frac{1}{2}$	175	75	$1\frac{1}{2}$	200	85
$1\frac{3}{4}$	150	75	$1\frac{3}{4}$	175	85
2	135	75	2	155	85
$2\frac{1}{4}$	120	60	$2\frac{1}{4}$	140	65
$2\frac{1}{2}$	110	60	$2\frac{1}{2}$	125	65
$2\frac{3}{4}$	100	60	$2\frac{3}{4}$	115	65
3	90	60	3	100	65
$3\frac{1}{4}$	85	60	$3\frac{1}{4}$	95	65
$3\frac{1}{2}$	80	60	$3\frac{1}{2}$	90	60
$3\frac{3}{4}$	70	60	$3\frac{3}{4}$	80	60
4	60	60	4	70	60

বিভিন্ন শ্রেণীর ফিটের উপযোগী টলারেন্স

A এবং B=নির্দিষ্ট ছিদ্রের (Standard hole) মাপ যাহাকে ভিত্তি করিয়া সাফটের সীমা উল্লেখ করা হয়। A এবং B যে কোন একটিকে অনুসরণ করা চলে। F=ফোর্স ফিট; D=ড্রাইভিং ফিট; P=পুশ ফিট।

শ্রেণী	ষ্ট্যাণ্ডার্ড ছিদ্রে টলারেন্স				
	নমিনাল ডায়মেটার	½" পর্য্যন্ত	$\frac{9}{16}$" হইতে 1"	1$\frac{1}{16}$" হইতে 2"	2$\frac{1}{16}$" হইতে ."
	হাই-লিমিট	+·00025	+·00050	+·00075	+·00100
A	লো-লিমিট	−·00025	−·00025	−·00025	−·00050
	টলারেন্স	·00050	·00075	·00100	·00150
	হাই-লিমিট	+·00050	+·00075	+·00100	+·00125
B	লো-লিমিট	−·00050	−·00020	−·00050	−·00075
	টলারেন্স	·00100	·00125	·00150	·00200
	ফোর্স-ফিট				
	হাই-লিমিট	+·00100	+·00200	+·00400	+·00600
F	লো-লিমিট	+·00050	+·00150	+·00300	+·00450
	টলারেন্স	·00050	·00050	·00100	·00150
	ড্রাইভিং-ফিট				
	হাই-লিমিট	+·00050	+·00100	+·00150	+·00250
D	লো-লিমিট	+·00025	+·00075	+·00100	+·00150
	টলারেন্স	·00025	·00025	·00050	·00100
	পুশ-ফিট				
	হাই-লিমিট	−·00025	−·00025	−·00025	−·00050
P	লো-লিমিট	−·00075	−·00075	−·00075	−·00100
	টলারেন্স	·0005	·0005	·0005	·0005

রানিং ফিটের উপযোগী টলারেন্স

নমিনাল ডায়ামেটার	$\frac{1}{2}''$ পর্যন্ত	$\frac{9}{16}''$—$1''$ পর্যন্ত	$1\frac{1}{16}''$—$2''$ পর্যন্ত	$2\frac{1}{16}''$—$3''$ পর্যন্ত	$3\frac{1}{16}''$—$4''$ পর্যন্ত	$4\frac{1}{16}''$—$5''$ পর্যন্ত	$5\frac{1}{16}''$—$6''$ পর্যন্ত
X							
হাই-লিমিট	−·00100	−·00125	−·00175	−·00200	−·00250	−·00300	−·00350
লো-লিমিট	−·00200	−·00275	−·00350	−·0425	−·00500	−·00575	−·00650
টলারেন্স	·00100	·00150	·00175	·00225	·00250	·00275	·00300
Y							
হাই-লিমিট	−·00075	−·00100	−·00125	−·00150	−·00200	−·00225	−·00250
লো-লিমিট	−·00125	−·00200	−·00250	−·00300	−·0350	−·00400	−·00150
টলারেন্স	·00 50	·00100	·00125	·00150	·00150	·00175	·00200
Z							
হাই-লিমিট	−·00050	−·00075	−·00075	−·00100	−·00100	−·00125	−·00125
লো-লিমিট	−·00075	−·00125	−·001 0	−·00200	−·00225	−·00250	−·00275
টলারেন্স	·00025	·00050	·00075	·00100	·00125	·00125	·00150

X = ইহা ইঞ্জিন প্রভৃতি কার্যসকল, যেখানে সহজ ফিটিং-এর প্রয়োজন সেই সকল ক্ষেত্রে উপযোগী।

Y = ইহা দ্রুত স্পীডে এবং সাধারণ মেসিনের কাজের পক্ষে উপযুক্ত।

Z = ইহা সূক্ষ্ম যন্ত্রপাতির ক্ষেত্রে ব্যবহার হয়।

সংখ্যা অনুযায়ী ড্রিলের মাপ

(Number Sizes of Drills)

সংখ্যা	ভগ্নাংশে মাপ	সংখ্যা	ভগ্নাংশে মাপ	সংখ্যা	ভগ্নাংশে মাপ	সংখ্যা	ভগ্নাংশে মাপ
1	·2280	21	·1590	41	·0960	61	·0390
2	·2210	22	·1570	42	·0935	62	·0380
3	·2130	23	·1540	43	·0890	63	·0370
4	·2090	24	·1520	44	·0860	64	·0360
5	·2055	25	·1495	45	·0820	65	·0350
6	·2040	26	·1470	46	·0810	66	·0330
7	·2010	27	·1440	47	·0785	67	·0320
8	·1990	28	·1405	48	·0760	68	·0310
9	·1960	29	·1360	49	·0730	69	·02925
10	·1935	30	· 285	50	·0700	70	·0280
11	·1910	31	·1220	51	·0670	71	·0260
12	·1890	32	·1160	52	·0635	72	·0250
13	·1850	33	·1130	53	·0595	73	·0240
14	·1820	34	1110	54	·0550	74	·0225
15	·1800	35	·1100	55	·0520	75	·0210
16	·1770	36	·1065	56	·0465	76	·0200
17	·1730	37	·1040	57	·0430	77	·0180
18	·1695	38	·1015	58	·0420	78	·0160
19	·1660	39	·0995	59	·0410	79	·0140
20	·1610	40	·0980	60	·0400	80	·0130

অক্ষর অনুযায়ী ড্রিলের মাপ

(Letter Sizes of Drills)

অক্ষর	ভগ্নাংশের মাপ	অক্ষর	ভগ্নাংশে মাপ
A $\frac{15}{64}$	·234	N	·302
B	·238	O $\frac{5}{16}$	·316
C	·242	P $\frac{21}{64}$	·323
D	·246	Q	·332
E $\frac{1}{4}$	·250	R $\frac{11}{32}$	·339
F	·257	S	·348
G	·261	T $\frac{23}{64}$	·358
H $\frac{17}{64}$	·266	U	·368
I	·272	V $\frac{3}{8}$	·377
J	·277	W $\frac{25}{64}$	·386
K $\frac{9}{32}$	·281	X	·397
L	·290	Y $\frac{13}{32}$	·404
M $\frac{19}{64}$	·295	Z	·413

‘হেক্সাগন’ আকারযুক্ত ‘নাট’ এবং বোল্ট-এর মাথার মাপ (হুইটওয়ার্থ ষ্ট্যাণ্ডার্ড)

(Dimensions of Whitworth Standard Hexagonal Nuts & bolt-heads)

বোল্টের ব্যাস (ইঞ্চে)	নাট অথবা বোল্টের মাথার দুইটি বিপরীত পার্শ্বভাগের দূরত্ব (ইঞ্চে)	বোল্টের মাথার উচ্চতা (ইঞ্চে)	বোল্টের ব্যাস (ইঞ্চে)	নাট অথবা বোল্টের মাথার দুইটি বিপরীত পার্শ্বভাগের দূরত্ব (ইঞ্চে)	বোল্টের মাথার উচ্চতা (ইঞ্চে)
$\frac{1}{8}$	0·338	0·109	$1\frac{3}{8}$	2·215	1·203
$\frac{3}{16}$	0·448	0·164	$1\frac{1}{2}$	2·413	1·312
$\frac{1}{4}$	0·525	0·219	$1\frac{5}{8}$	2·576	1·422
$\frac{5}{16}$	0·601	0·273	$1\frac{3}{4}$	2·758	1·531
$\frac{3}{8}$	0·709	0·328	$1\frac{7}{8}$	3·018	1·641
$\frac{7}{16}$	0·820	0·383	2	3·149	1·750
$\frac{1}{2}$	0·919	0·437	$2\frac{1}{8}$	3·337	1·859
$\frac{9}{16}$	1·011	0·492	$2\frac{1}{4}$	3·546	1·969
$\frac{5}{8}$	1·101	0·547	$2\frac{3}{8}$	3·750	2·078
$\frac{11}{16}$	1·201	0·601	$2\frac{1}{2}$	3·894	2·187
$\frac{3}{4}$	1·301	0·656	$2\frac{5}{8}$	4·049	2·297
$\frac{13}{16}$	1·39[illegible]	0·711	$2\frac{3}{4}$	4·181	2·406
$\frac{7}{8}$	1·479	0·766	$2\frac{7}{8}$	4·346	2·516
$\frac{15}{16}$	1·574	0·820	3	4·531	2·625
[illegible]	1·670	0·875			
$1\frac{1}{8}$	1·860	0·984			
$1\frac{1}{4}$	2·048	1·094			

উপরিউক্ত প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে নাটের উচ্চতা = বোল্টের ব্যাসের মাপ।

ব্রিটিশ ষ্ট্যাণ্ডার্ড হুইটওয়ার্থ থ্রেড

(British Standard Whitworth Thread—B S.W.)

ডায়মেটার (ইঞ্চে)	প্রতি ইঞ্চে থ্রেডের সংখ্যা	পিচ্ (ইঞ্চে)	কোর-ডায়মেটার (ইঞ্চে)	ট্যাপের জন্য ব্যবহার্য ড্রিলের মাপ (ইঞ্চে)
$\frac{1}{8}$	40	0·0250	0·0930	No. 41
$\frac{5}{32}$	32	0·0312	0·1102	No. 31
$\frac{3}{16}$	24	0·0416	0·1341	No. 28
$\frac{7}{32}$	24	0·0416	0·1653	No. 18
$\frac{1}{4}$	20	00·500	0·1860	$\frac{3}{16}$
$\frac{5}{16}$	18	0·0556	0·2414	$\frac{1}{4}$
$\frac{3}{8}$	16	0·0625	0·2950	$\frac{19}{64}$
$\frac{7}{16}$	14	0·0714	0·3460	$\frac{11}{32}$
$\frac{1}{2}$	12	0·0833	0·3933	$\frac{25}{64}$
$\frac{9}{16}$	12	0·0833	0·4558	$\frac{29}{64}$
$\frac{5}{8}$	11	0·0909	0·5086	$\frac{33}{64}$
$\frac{11}{16}$	11	0·0909	0·5711	$\frac{37}{64}$
$\frac{3}{4}$	10	0·1000	0·6219	$\frac{41}{64}$
$\frac{13}{16}$	10	0·1000	0·6844	$\frac{11}{16}$
$\frac{7}{8}$	9	0·1111	0·7327	$\frac{47}{64}$
1	8	0·1250	0·8399	$\frac{27}{32}$
$1\frac{1}{8}$	7	0·1429	0·9420	$\frac{15}{16}$
$1\frac{1}{4}$	7	0·1429	1·0670	$1\frac{1}{16}$
$1\frac{3}{8}$	6	0·1667	1·1616	$1\frac{11}{32}$

ব্রিটিশ ষ্ট্যাণ্ডার্ড ফাইন থ্রেড

(British Standard Fine Thread—B.S.F.)

'ট্যাপ'-এর মাপ (ইঞ্চে)	প্রতি ইঞ্চে থ্রেডের সংখ্যা	পিচ্ (ইঞ্চে)	কোর-ডায়মেটার (ইঞ্চে)	ট্যাপের জন্য ব্যবহার ড্রিলের মাপ (ইঞ্চে)
$\frac{7}{32}$	28	0·0357	0·1731	No. 16
$\frac{1}{4}$	26	0·0385	0·2037	No. 6
$\frac{9}{32}$	26	0·0385	0·2320	B
$\frac{5}{16}$	22	0·0455	0·2543	F
$\frac{3}{8}$	20	0·0500	0·3110	O
$\frac{7}{16}$	18	0·0555	0·3664	U
$\frac{1}{2}$	16	0·0625	0·4200	$\frac{27}{64}$
$\frac{9}{16}$	16	0·0625	0·4825	$\frac{31}{64}$
$\frac{5}{8}$	14	0·0714	0·5335	$\frac{35}{64}$
$\frac{11}{16}$	14	0·0714	0·5960	$\frac{39}{64}$
$\frac{3}{4}$	12	0·0833	0·6433	$\frac{21}{32}$
$\frac{13}{16}$	12	0·0833	0·7058	$\frac{23}{32}$
$\frac{7}{8}$	11	0·0909	0·7586	$\frac{49}{64}$
1	10	0·1000	0·8719	$\frac{7}{8}$
$1\frac{1}{8}$	9	0·1111	0·9827	$\frac{63}{64}$
$1\frac{1}{4}$	9	0·1111	1·1077	$1\frac{7}{64}$
$1\frac{3}{8}$	8	0·1250	1·2149	$1\frac{7}{32}$
$1\frac{1}{2}$	8	0·1250	1·3390	$1\frac{11}{32}$

ব্রিটিশ অ্যাসোসিয়েশন ষ্ট্যাণ্ডার্ড থ্রেড
(British Association Standard Thread—B. A. S.)

ব্রিটিশ অ্যাসোসিয়েশন ট্যাপ (সংখ্যা ক্রমে)	সংখ্যা অনুযায়ী ডায়মেটার (ইঞ্চে)	প্রতি ইঞ্চে থ্রেডের সংখ্যা	পিচ (ইঞ্চে)	কোর-ডায়মেটার (ইঞ্চে)	ট্যাপের জন্য ব্যবহার্য ড্রিলের মাপ (সংখ্যা-ক্রমে)
0	0·2362	25·4	0·0394	0·189	11
1	0·2087	28·2	·0354	0·1662	18
2	0·1850	31·4	0·0319	0·1467	25
3	0·1614	34·8	0·0287	0·1269	30
4	0·1417	38·5	0·0260	0·1105	33
5	0·1260	43·1	0·0232	0·0981	39
6	0·1102	47·9	0·0209	0·0852	44
7	0·0984	52·9	0·0189	0·0757	47
8	0·0866	59·1	0·0169	0·0663	51
9	0·0748	65·1	0·0154	0·0564	53
10	0·0669	72·6	0·0138	0·0504	55
11	0·0591	81·9	0·0122	0·0445	56
12	0·0511	90·7	0·0110	0·0379	61
13	0·0472	102	0·0098	0·0354	64
14	0·0394	110	0·0091	0·0285	69
15	0·0354	121	0·0083	0·0255	71
16	0·0311	133	0·0075	0·0221	74
17	0·0276	149	0·0067	0·0186	76
18	0·0244	169	0·0059	0·0173	77
19	0·0211	182	0·0055	0·0145	79
20	0·0190	213	0·0047	0·0134	80

ব্রিটিশ ষ্ট্যাণ্ডার্ড পাইপ থ্রেড
(British Standard Pipe Thread—B. S. P.)

পাইপের ভিতরের ডায়মেটার [ইঞ্চে]	পাইপের বাহিরের ডায়মেটার [ইঞ্চে]	প্রতি ইঞ্চে থ্রেডের সংখ্যা	কোর-ডায়মেটার (ইঞ্চে)	ট্যাপের জন্য ব্যবহার্য ড্রিলের মাপ (ইঞ্চে)
$\frac{1}{8}$	$\frac{13}{32}$	28	0·337	$\frac{11}{32}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{17}{32}$	19	0·451	$\frac{29}{64}$
$\frac{3}{8}$	$\frac{11}{16}$	9	0·589	$\frac{19}{32}$
$\frac{1}{2}$	$\frac{27}{32}$	14	0·734	$\frac{3}{4}$
$\frac{5}{8}$	$\frac{15}{16}$	14	0·811	$\frac{53}{64}$
$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{16}$	14	0·950	$\frac{31}{32}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{7}{32}$	14	1·098	$1\frac{7}{64}$
1	$1\frac{11}{32}$	11	1·193	$1\frac{13}{64}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{11}{16}$	11	1·534	$1\frac{35}{64}$
$1\frac{1}{2}$	$1\frac{29}{32}$	11	1·766	$1\frac{25}{32}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{5}{32}$	11	2·000	$2\frac{1}{64}$
2	$2\frac{3}{8}$	11	2·231	$2\frac{1}{4}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{5}{8}$	11	2·471	$2\frac{31}{64}$
$2\frac{1}{2}$	3	11	2·844	$2\frac{55}{64}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	11	3·094	$3\frac{7}{64}$
3	$3\frac{1}{2}$	11	3·344	$3\frac{23}{64}$

এই পুস্তকের দ্বিতীয় খণ্ডে **মিলিং মেশিন** সম্বন্ধে রেখা-চিত্র সহযোগে সবিস্তারে আলোচনা করা হইয়াছে।